

Está en:

OEI - Programación- CTS+I - Sala de lectura-

Prefacio

Tecnología y Ecología. Muchos problemas y unas pocas soluciones

JOSÉ SANMARTÍN.

(Universidad de Valencia; INVESCIT)

Se recuerda 1968, sobre todo, por su revolución de mayo, que no fue sólo una revuelta de estudiantes contra el orden político establecido. 1968 fue el momento en que hizo eclosión un estado de ánimo social que se había ido fraguando desde, por lo menos, la Segunda Guerra Mundial. Ese estado de ánimo tenía mucho que ver con el cuestionamiento de un conjunto de creencias que presidían las relaciones del ser humano con la naturaleza desde el Renacimiento.

LA NATURALEZA HOSTIL

Hablando de mosquitos y otras incomodidades

En *La costa de los mosquitos* (Theroux, 1984), Allie Fox, protagonista del relato, huye de la civilización americana para refugiarse en la naturaleza. Con él lleva, sin embargo, el bagaje de ideas característico de la cultura que cree haber dejado tras de sí. Esas ideas le inclinan a acercarse a la naturaleza con la intención de mejorarla. A no aceptarla como es. A verla inacabada. A sentirla hostil.

Por eso, Allie Fox, en su nuevo entorno natural, tratará sistemáticamente de *perfeccionarlo*, o lo que es lo mismo: usará herramientas, realizará obras y pondrá en práctica medidas de organización social que tenderán a erradicar de la naturaleza cuanto en ella le incomode o le plantee necesidades. De no poder alcanzar ese objetivo, Allie Fox intentará que tales herramientas, obras o prácticas organizativas permitan, al menos, ponerse a resguardo de incomodidades o necesidades. Así, para combatir el calor, construirá chozas con aire acondicionado en medio de la selva y fabricará hielo que regalar a los indígenas.

Pero, un accidente en el sistema del aire acondicionado termina contaminando el lugar hasta el punto que Allie Fox y su familia se ven obligados a abandonarlo.

Esta novela, llevada luego a la pantalla, muestra la cosmovisión característica de la Modernidad con una claridad palmaria. El protagonista es el paradigma del *hombre moderno*. Por Modernidad entiendo aquí una manera de ver el mundo, una *cosmovisión*, inicialmente europea, que nace con el Renacimiento y dura hasta ahora mismo.

Explicar para reformar

Para la Modernidad, como para Allie Fox, la naturaleza es imperfecta, inacabada, y hostil. Sustenta, además, que el ser humano es el llamado a concluir y tornarla amable -domarla o *controlarla*- a través de su reforma. Pero, para ello, debe conocerla. Pues, sólo conocida, la naturaleza podrá ser *reformada*... en busca de su perfeccionamiento.

No se trata aquí, sin embargo, de cualquier forma de conocimiento. Para reformar la naturaleza, la Modernidad estima preciso *explicarla*. El afán de *explicar* la naturaleza es característico de la Modernidad.

Explicar no es lo mismo que dilucidar. Explicar algo consiste en aducir la o las causas que lo producen. Son éstas las llamadas "causas eficientes", *los porqué*. No hay que confundirlos con las causas finales, *los para qué*, que no producen nada, sino que indican los objetivos o intenciones que la producción tiene. Se vota para que gobierne un partido, pero la acción de votar no se explica sino por los mecanismos físicos, químicos y biológicos que permiten depositar el voto en un recipiente. No se tienen pulmones porque se respira, sino como resultado de las interacciones entre mutaciones y selección natural.

Conocer la finalidad perseguida con una acción nos puede permitir, ciertamente, *comprender* su sentido. Comprender el sentido de una acción es, no obstante, algo distinto de conocer los porqués que la producen. Puedo comprender el sentido del llanto, sin conocer los mecanismos biológicos y físico-químicos que lo causan.

Con la Modernidad se empieza a distinguir tajantemente entre la comprensión y la explicación. A la vez se hace de la ciencia, por vez primera en la historia, la forma del saber del que deben ser desterradas de manera absoluta, metódica y sistemática, las dilucidaciones por causas finales, las comprensiones, substituyéndolas por explicaciones. Y ello porque el saber científico, si algo ha de ser, es objetivo. Mas, mientras las finalidades o las intenciones son profundamente subjetivas, las causas eficientes son, en principio, *objetivables a través de su cuantificación*.

Pues bien, el conocimiento requerido en la Modernidad para reformar la naturaleza es el científico en el sentido estricto aquí introducido. Lo que no significa, en modo alguno que, antes del Renacimiento, el ser humano no hubiera procedido a reforma alguna de la naturaleza.

Las técnicas, ciegas

El ser humano viene reformando su entorno desde que es tal ser. Incluso hay quien asevera que el ser humano lo es, precisamente, por haber sido el ser capaz de proceder de manera metódica y sistemática a la reforma de su medio.

Esa reforma se ha efectuado a través del uso de técnicas, que han permitido al ser humano, en muchísimas ocasiones, *domar* la naturaleza sin conocerla (científicamente, claro está). Pues, mediante técnicas, se ha logrado intervenir en múltiples procesos naturales, controlándolos y orientándolos en un sentido dado. Con un ejemplo: técnicamente se viene produciendo cerveza, por lo menos, desde los tiempos de Babilonia, aunque hasta recientemente no se ha sabido en qué consistía la fermentación en sentido estricto.

La técnica, desde la noche de los tiempos, ha generado todo un mundo integrado por instrumentos, obras o prácticas de organización social, que, *superpuesto a la naturaleza*, ha permitido su control (o se pensaba tal cosa). De hecho la naturaleza que ha conocido el ser humano es la que se ha filtrado a través de los huecos de la *malla técnica* tendida sobre ella. Conforme más tupida se ha ido haciendo esta red, más se ha alejado el ser humano de la naturaleza.

En este punto es imprescindible citar a José Ortega y Gasset, que con su *Meditación de la Técnica*⁽¹⁾ hizo una importantísima contribución a la reflexión sobre la técnica y el ser humano, más apreciada fuera que dentro de España.

Decía Don José, en la obra mencionada, que sin la técnica no habría ser humano. Y nada más cierto. Pues el animal no-humano es, al parecer, fruto exclusivo de la bioevolución: es producto de una selección natural que lo ajusta a un medio natural cambiante. El animal no-humano superviviente es siempre el que satisface sus necesidades de mejor forma en ese medio natural, el más eficaz biológicamente. Pero, el ser humano superviviente no satisface las suyas adecuándose al medio. Me atrevería a decir que ni siquiera las satisface, como sacia, por ejemplo, un león su sed o el hambre que siente. Lo que el ser humano tiende a hacer no es tanto satisfacer sus necesidades en ese sentido, cuanto *eliminarlas* o, al menos, *ponerse a resguardo de ellas*, como hace Allie Fox. Y lo logra -o, al menos, lo intenta- reformando *técnicamente* la naturaleza, como, así mismo, lo hace Allie Fox.

Por eso habría que decir que el ser humano es, ante todo, producto de la tecnoevolución: no de la *natura*, sino de la *cultura*, en el sentido estricto de este término: de lo no natural, de lo artificial (i.e. de lo técnicamente (ars) hecho (facio)).

La cultura humana ha sido el gran intermediario entre el ser humano y la naturaleza. Ha sido a modo de una gigantesca prótesis interpuesta entre él y su medio natural. Conforme los productos de la cultura, fruto de la civilización, han incrementado su sofisticación, su complejidad y número, mayor -repito- ha sido la lejanía del ser humano respecto de lo natural.

Las tecnologías, clarividentes

¿Qué diferencia al ser humano moderno de sus ancestros en su relación con la naturaleza?

Hasta la Modernidad, parece como si los componentes de la malla técnica hubieran sido introducidos y modificados, tan sólo, por *ensayo y error*. Esos componentes funcionaban mejor o peor. Se podían perfeccionar. Pero el perfeccionamiento de una técnica no nacía de que se conociera mejor lo que realmente permitía controlar, sino del puro tanteo.

Con el Renacimiento, en cambio, se inicia el intento sistemático de hacer de la ciencia *los ojos* de la técnica: se quiere que la ciencia *explique* lo que la técnica va a controlar. De este modo el control se perfeccionará porque se ejercerá directamente sobre lo que hay que dominar. Explicado científicamente lo que hay que controlar, controlémoslo.

Con el Renacimiento surge, en definitiva, el intento de desarrollar sistemáticamente una tecno-ciencia. Se le da el nombre de "tecnología": técnica (*techné*) a la que el saber científico (*logos*) explica lo que hay que controlar y cómo hacerlo.

El supramedio técnico/tecnológico

Sea tecnológica o técnicamente -sabiendo científicamente lo que se hace, o no-, el ser humano ha tratado de reformar la naturaleza, desde que es tal ser. Esa reforma se ha traducido en la construcción de un *supramedio* artificial.

Es a ese supra-medio (técnico o tecnológico), y no a la naturaleza en sí, a lo que el ser humano ha ido adaptándose en el transcurso del tiempo. Por eso, razón tiene Ortega cuando asevera que el ser humano, merced a la *técnica/tecnología*, ha invertido el proceso de adaptación al entorno característico de los restantes seres vivos. Si éstos son fruto de la bioevolución, aquél lo es, ante todo, de la tecnoevolución.

Lo bien cierto es que esta suerte de reforma de la naturaleza (que el ser humano ha inducido y que, a su vez, ha ido configurando -"reformando"- al propio ser humano), comienza a percibirse hacia los años sesenta de nuestro siglo como una huida de la naturaleza, que está ahí: *tapada bajo la malla técnica*, bajo la capa artificial, la capa de la cultura, con que la hemos recubierto.

Pero, como se dirá en el 68, *bajo el pavimento, está la arena*. Y se considera llegada la hora de recobrar el contacto con ella, levantando el asfalto que la cubre. Pues, la ocultación técnico/tecnológica de la naturaleza, está permitiendo su asesinato en silencio, sin que nadie lo perciba.

Los pájaros ya no trinan en primavera

El libro *Silent Spring* (1958) de Rachel Carson así lo denuncia. Los cantos de los pájaros empiezan escasear como señal alarmante del envenenamiento de nuestras aguas y suelos. Productos químico-sintéticos, empleados como insecticidas, *lo han contaminado todo sin que nos apercibiéramos del desastre*. Sólo el silencio de la primavera parece indicarlo.

La idea de *riesgo*, asociado a la ciencia y la tecnología, hace así su aparición en el escenario de la segunda mitad de nuestro siglo. La tecnología nuclear, aplicada civil y militarmente en la horrible época de la guerra fría, reforzará los temores. La ciencia y la tecnología ya no son fuente sólo de oportunidades, sino de *riesgos*, a veces, no cuantificables, pero cualitativamente tremendos. Empieza a abrirse camino la sospecha de que quizá la ciencia y la tecnología ya no sean el mejor medio pensable para perfeccionar una naturaleza inacabada; pues también pueden ser el instrumento de su *destrucción*.

Mayor atención para la tecnología

Ese doble filo de la ciencia y la tecnología se traducirá, a principios de los setenta y en los países más desarrollados, en enfrentamientos -no sólo verbales- entre grupos sociales. Pues algunos sectores sociales verán oportunidades, donde otros percibirán riesgos. Patronal y ecologistas, por poner un caso, no verán lo mismo en los humos de las chimeneas. Cada grupo tendrá *su particular percepción* de una tecnología, según sea la manera en que su introducción le afecte.

Lo bien cierto es que los grupos, así enfrentados, empiezan a reclamar que se cambie la forma en que habitualmente se muestran las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y medio ambiente.

Según unos, porque esas presentaciones hacen poca justicia a los *enormes beneficios sociales* y de todo tipo⁽²⁾ que redundan del uso de la tecnología. En concreto, tener una buena base tecnológica es poseer el punto de partida adecuado para desarrollar una economía sólida -hoy se añadiría: "y competitiva"-.

En particular, quienes esto defienden, se quejan del gran papel que en los medios de comunicación de masas o en la educación primaria y secundaria juegan las humanidades y la ciencia, entendida como saber teórico. Mientras, la ciencia aplicada y, en particular, la tecnología desempeñan un papel secundario -cuando no de puros extras-.

Esa diferencia de papeles tiene (según la opinión de quienes denuncian la postergación de la ciencia aplicada y la tecnología) una traducción práctica importantísima: las instituciones encargadas de la política científica suelen dirigir más dinero hacia la llamada investigación básica (o teórica) que hacia la investigación aplicada. Y los países que practican este tipo de conducta suelen acabar siendo tecnodependientes de aquellos otros que invierten en tecnología.

Razones completamente opuestas son las que manejan otros grupos, disconformes también con el modo en que se presentan de ordinario las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el medio ambiente. Pero, la disconformidad no nace ahora del hecho de que se considere que la importancia social y medioambiental de la tecnología esté minusvalorada, sino de todo lo contrario. Para éstos otros el modo en que de ordinario se presenta la tecnología suele rayar en la *tecnopornografía*: se enfatizan sus efectos positivos de toda suerte y condición, y se ocultan o reducen sus impactos negativos sobre la sociedad y el medio ambiente.

Como dicen Eijkelhof y Kortland:

"Por esa misma época [principio de los 70], diferentes grupos de presión comenzaron a exigir que se prestase atención a la tecnología en los currícula escolares existentes. Algunos grupos justificaron este cambio aduciendo que haría que los estudiantes fuesen más conscientes de la importancia que la ciencia y la tecnología tienen para mantener una economía sólida, contrarrestando así la imagen negativa creciente de la industria -debida a sus impactos negativos sobre el medio ambiente-. Otros grupos usaron estos impactos para justificar la necesidad de que se prestase atención a tecnologías alternativas y a una forma de vida ecológica precisa para sobrevivir a largo plazo. La tensión entre las consideraciones económicas y las medioambientales motivó un debate público, que se centró primero en el futuro de la energía, pero que, muy pronto, se extendió a los impactos de los desarrollos científicos y tecnológicos sobre la sociedad, en campos como el armamento (nuclear), la tecnología de la información, la ingeniería genética, etc." (1988:284).

La crisis de las vocaciones científicas

Todas estas insatisfacciones -y hablando siempre de los países más desarrollados- convergen a principios de los 70 con una cierta *crisis de la vocación científica*.

Para un amplio sector del profesorado de ciencias (sobre todo, de enseñanza secundaria), esta crisis se debe en buena medida al carácter completamente *descontextualizado y abstracto* de la enseñanza de las ciencias.

Resulta curioso que, siendo la ciencia (a través de la tecnología) el elemento configurador del entorno del ser humano moderno, el curriculum de ciencias siga

siendo hoy excesivamente abstracto. Las asignaturas científicas son más bien conjuntos de puras fórmulas. Sólo a título de ejemplo, suele aludirse (al menos, en secundaria) a artefactos que materializan esas fórmulas y que pueden estar generando auténticas *formas de vida*, es decir formas de existencia que son impensables sin dichos artefactos. El resultado es tristísimo: la enseñanza de las ciencias, una enseñanza excesivamente formal, esencialmente teórica, no muestra al estudiante el papel configurador del medio que dichas ciencias tienen. Casi todo queda reducido a puros guarismos que suele olvidar fácilmente quien deja el mundo de los estudios tras la enseñanza secundaria, pues -aparentemente al menos- de poco, o de nada, le van a servir en su vida futura de ciudadano y consumidor.

La enseñanza tradicional de las ciencias no contribuye, en suma, a despertar del *sonambulismo tecnológico* a quienes viven, en cambio, en una sociedad crecientemente tecnológizada. Fórmulas sin aplicaciones, teoría sin tecnología, es lo que constituye el grueso del curriculum de ciencias en secundaria. La enseñanza de las ciencias no le da al estudiante las claves para entender la configuración tecnológica de su entorno, ese entorno en el que los muchos artefactos presentes le resultarán al estudiante de hoy y ciudadano del mañana algo esotérico, misterioso, que sabrá conectar y apagar, usar más o menos. Lo dicho: la docencia tradicional de la ciencia no cumple uno de los objetivos que deberían serle más gratos, a saber: sacar del sonambulismo tecnológico a quienes viven en un mundo tecnológico. Todo se reduce a enseñar las fórmulas precisas para aprender más fórmulas.

A este último respecto dicen, de nuevo, Eijkelhof y Kortland, ciñéndose a la enseñanza de la física entre las ciencias:

"En general, en Los Países Bajos (aunque no sólo allí), la enseñanza de la física a estudiantes de edades comprendidas entre los 12 y los 18 años tiende sobre todo a proporcionar algunas competencias o habilidades científicas y un dominio adecuado de los conceptos científicos, a fin de suministrar una base sólida en la que puedan apoyarse los estudiantes a la hora de entrar en aquellas modalidades de la educación superior en las que el conocimiento y las capacidades físicas se consideran esenciales. Por tanto, la enseñanza de la física en la escuelas secundarias tiene por objetivo preparar estudiantes para la educación posterior.

Por eso, la mayoría de los cursos de física (también pasa lo mismo en los niveles inferiores de la educación secundaria) tienen un carácter más bien académico: una naturaleza teórica, basada en la estructura de la física como una disciplina académica; se presta poca (o ninguna) atención a las aplicaciones tecnológicas y a las implicaciones sociales de la ciencia y la tecnología; y no se tienen en cuenta las posibilidades de adaptar (partes de) el curso a las necesidades diferentes de los estudiantes.

Sólo unos pocos estudiantes llegan, sin embargo, a ser científicos. Para la mayoría de los estudiantes, la física es una asignatura difícil y ajena, que no les va a servir de nada cuando abandonen el Instituto" (1988:283)

En suma, (ya a principios de los 70, al menos en los Países Bajos) hay sectores sociales que creen que debe enseñarse más tecnología para presentar en forma debida sus beneficiosos efectos sociales. Otros coinciden con ellos en la necesidad de enseñar más tecnología, pero para mostrar sus perniciosos impactos. Muchos profesores de ciencia están también de acuerdo en que hay que conectar la ciencia con la tecnología y ambas con la sociedad -en especial, con el contexto social del estudiante-. Para éstos, la enseñanza de las ciencias en un nivel no sólo debe preparar al estudiante para proseguir estudios en el niveles siguiente. Debe suministrarle, así mismo, claves para entender su entorno (crecientemente

tecnológico) formándole:

- ≠ como ciudadano que pueda participar de forma crítica e informada en los debates sociales que la ciencia pudiera ocasionar, y
- ≠ como consumidor que pueda entender el porqué de la necesidad de cambiar o de mantener ciertos hábitos⁽³⁾.

En definitiva, muchos son los sectores sociales de los países más avanzados⁽⁴⁾ que, hacia principios de los 70, comparten las ideas de que hay que cambiar los planes de estudio, que es preciso dar más relevancia a la ciencia y la tecnología, y que eso es necesario hacerlo *in social context*. Quizá actuando así, se podrá, al mismo tiempo, aproximar la ciencia y la tecnología a la vida cotidiana de los estudiantes, consiguiendo *su motivación*.

LOS LÍMITES DEL CRECIMIENTO

Hacia principios de los 70 un nuevo aldabonazo despierta los temores de la gente. No es una catástrofe. Es, simplemente, la publicación de una serie de informes en los que se cuestiona la idea, crucial en la modernidad, de *crecimiento sin límites*. Esa idea descansaba sobre una serie de presupuestos.

1º. *Incrementos de eficiencia se traducen en mayores beneficios*

Como antes he dicho, la opinión tradicional u ortodoxa en I+D es que la ciencia determina lo que la tecnología ha de controlar. Por tanto, conforme la ciencia avanza, mejor es esa determinación y, en consecuencia, mejor orientada hacia lo que ha de controlar estará la tecnología. Lo que equivale a decir que disponer de *mejor ciencia* es la base para contar con tecnología *más eficiente*.

Si hablamos, en concreto, de tecnologías aplicadas a la industria, al final esa orientación, cada vez más afinada, se traducirá en una producción más rentable. Pues, cuanto menos, podrá ir depurándose la estructura productiva de elementos irrelevantes, lo que a su tiempo se traducirá en costos menores.

2º. *El capital industrial tiene crecimiento exponencial*

En la modernidad se piensa que el capital industrial (maquinarias y fábricas, que, aplicando tecnología cada vez más eficiente, producen otras maquinarias y fábricas cada vez más rentables) es susceptible de *crecimiento exponencial*.

Se dice que algo crece exponencialmente cuando su incremento es proporcional a lo que ya existía -*crece desde sí mismo*-. El crecimiento de una colonia de bacterias es exponencial. Una bacteria se divide en dos; éstas dos generan, a su vez, cuatro; éstas cuatro, ocho;... Una cantidad que crece exponencialmente se duplica una y otra vez, pudiendo alcanzar cifras astronómicas en poco tiempo (Meadows et al., 1992:46-49)

El crecimiento exponencial se produce porque:

- ≠ una entidad que crece se reproduce *desde sí misma*, o
- ≠ una entidad es empujada a crecer por algo que se reproduce *desde sí mismo* (Meadows et al., 1992:49)

Un ejemplo de entidad del primer tipo es la población humana o el capital industrial. Lo es éste último porque más maquinarias y fábricas generan más maquinarias y fábricas todavía, en el modo interconectado, autoabastecido y de abastecimiento cruzado hacia el que ha evolucionado la economía industrial contemporánea. Es obvio que ésta no crece siempre, pero, cuando no lo hace, ello se debe a que su comportamiento normal se ve alterado por *externalidades*.

3º. La Tierra ilimitada

Hacia los años setenta se pensaba que algunas de esas *externalidades* eran irrelevantes. En particular, por tales se tenían las *fuentes* planetarias que suministraban a la industria energía y materiales, así como los *sumideros* planetarios que habrían de absorber la contaminación y los residuos de la industria.

Y eran irrelevantes, porque la Tierra, hasta hace unos veinte años, parecía *ilimitada*. Al menos, lo eran sus capacidades de suministro de energía y materias primas, y de regeneración.

Pero una economía industrial que crece (teóricamente) de forma exponencial puede hacer que crezcan del mismo modo entidades con ella relacionadas. En concreto, el crecimiento exponencial del capital industrial *arrastra* consigo el crecimiento exponencial de los recursos energéticos y materiales usados, y de la contaminación causada.

Y, por cierto, el crecimiento exponencial de una entidad puede ser de tal índole que no se alcance a percibir sus reales dimensiones hasta que sea demasiado tarde para controlarlo. Cuentan Meadows et al. la historia siguiente:

"Hay un problema infantil francés que ilustra adecuadamente otra peculiaridad del crecimiento exponencial: la naturaleza aparentemente repentina con la que una cantidad en crecimiento exponencial alcanza un límite fijo. Suponga usted que es propietario de un estanque en el que crece un nenúfar. La planta duplica su tamaño cada día. Si se permitiera a la planta crecer sin limitaciones, cubriría completamente el estanque en el plazo de 30 días, ahogando cualquier otra forma de vida en el agua. Durante un largo plazo de tiempo, la planta parece pequeña, por lo que uno no se preocupa de ella hasta que cubre la mitad del estanque. ¿Qué día sucederá eso? El vigésimonoveno. Lo cual deja un solo día para intentar salvar su estanque. (El vigésimoquinto día la planta sólo cubre 1/32 del estanque; el vigésimoprimer cubre solo 1/512 del estanque. Durante la mayor parte del mes la planta, aunque se duplica en forma permanente, es invisible o no sugiere consecuencias. Se puede ver en este simple ejemplo cómo el crecimiento exponencial, sumado a la falta de atención, puede desembocar en el sobrepasamiento!)" (1992:47).

Por *sobrepasarse* (overshoot) entienden estos autores "ir más allá inadvertidamente, sin habérselo propuesto" (Meadows et al.,1992:29).

Pues bien, en 1972, y a solicitud del Club de Roma, Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, J. Randers y William W. Behrens III, escribirían el primero de una serie de *informes globales* sobre la economía industrial que, aparecidos en la primera mitad de los 70, pondrían de manifiesto la necesidad, que no conveniencia, de limitar su crecimiento, so pena de *sobrepasamiento*.

Para entonces, la Tierra había dejado de verse como una esfera ilimitada, de gran y rápida regeneración. Es finita y puede que:

"Si las actuales tendencias de crecimiento en la población mundial, industrialización, contaminación, producción de alimentos, y explotación de recursos continúa sin modificaciones, los límites del crecimiento de nuestro planeta se alcanzarán en algún momento, dentro de los próximos cien años" (Meadows et al., 1972).

La propuesta hecha por Meadows et al. fue la de que:

"Es posible alterar estas tendencias de crecimiento y establecer unas condiciones de estabilidad económica y ecológica capaces de ser sostenidas en el futuro. El estado de equilibrio global puede ser diseñado de tal forma que las necesidades materiales básicas de cada persona sobre la tierra sean satisfechas y que cada persona, mujer u hombre, tenga igualdad de oportunidades para realizar su potencial humano individual"(1972).

Lo que fue leído por la mayoría de los economistas como, simplemente, una propuesta de *parar* el crecimiento. Antes de analizar la corrección o no de esta lectura de las propuestas de Meadows et al.(1972), pienso que conviene destacar - como haré seguidamente- dónde radica de veras el mérito de este trabajo.

4º. La irrelevancia del Medio Ambiente

El estudio de Meadows et al.(1972) puso sobre el *tapete de la economía* una cuestión hasta entonces desatendida: la protección del Medio Ambiente. Es necesario protegerlo, porque ni los recursos planetarios son infinitos, ni los impactos de la industria sobre el Medio Ambiente son lo despreciables, asumibles y solubles que se venía creyendo.

En primer lugar, hay impactos *alarmantemente globales*. En segundo lugar, la aceptación de los efectos negativos de los usos industriales descansaba sobre una creencia que hace ahora crisis y que rezaba más o menos así: puede que un uso industrial determinado cause problemas, pero, vista la economía industrial en su conjunto, esos problemas son mínimos en comparación con sus innegables y enormes beneficios. El crecimiento industrial, no se olvide, es la base del *progreso social*. En tercer lugar, frente al presupuesto de que los problemas que cause un uso industrial siempre podrán ser resueltos por la aplicación de una tecnología más eficiente (i.e. los problemas de una tecnología, otra tecnología mejor los resuelve), estudios como el de Meadows et al. ponían de manifiesto que no siempre es así:

"La tecnología puede aliviar los síntomas de un problema sin afectar sus causas fundamentales. La fe en la tecnología, como solución última a todos los problemas, puede distraer nuestra atención del problema de base -el problema del crecimiento en un sistema finito- e impedir que emprendamos una acción efectiva para resolverlo" (1972:192-193).

UNAS POCAS SOLUCIONES

Ante el diagnóstico hecho en los dos párrafos anteriores sobre los males que se considera en los 60 (principios de los 70) que aquejan a la naturaleza, se plantean dos posturas extremas.

Hay quienes dicen que este diagnóstico es exagerado, que las cosas no están tan mal, que son cosas de catastrofistas y que la ciencia y la tecnología, pese a todo, nos sacarán del atolladero. Los males que causa una tecnología, otra mejor los resolverá, viene a decirse. Hay quien sostiene una variante de este eslogan, que yo

he escuchado repetidas veces en la España de los 90: *Primum vivere, deinde philosophare. Primero vivir; luego, filosofar*. Primero, apliquemos cuanta tecnología podamos; luego, ya nos ocuparemos de reflexionar sobre sus usos.

Hay quienes sustentan todo lo contrario: un desmesurado tecno-optimismo nos ha llevado al borde de la destrucción de la naturaleza y de nosotros mismos como parte suya. Hay que pararle los pies a la tecnología. Hay que librar la naturaleza del yugo tecnológico.

Para quienes se apunten a la primera posición, el dilema economía-ecología se resuelve fácilmente: táchese "ecología". Para quienes sustenten la segunda, la dicotomía desaparece al tacharse "economía". Tengo ambas aproximaciones por irracionales.

Pues irracional es, en nombre del beneficio económico a corto plazo, seguir hiriendo la naturaleza y causando unos daños que, a medio y largo plazo, pueden ser -económicamente incluso- mucho mayores que el beneficio inicialmente generado. También es irracional pensar que el ser humano puede a estas alturas renunciar a la tecnología y sus usos económicos. Tan irracional es esto último como simple es sustentar que hay que *regresar* a la naturaleza. Pues, como hemos antes visto, si el ser humano se ha hecho a sí mismo usando la cultura y desadaptándose de la natura, ¿a qué naturaleza habría que regresar?

El ser humano ha construido su medio, que resulta de reformar una naturaleza que cada vez le cae más distante. Destruir la técnica/tecnología conlleva destruir el ser humano. Pues la humanidad es la ilustración de un círculo vicioso: siendo la técnica un producto humano, el ser humano es un producto de la técnica.

No menos evidente que lo dicho es, en los 70 y hoy también, que la naturaleza se nos muere. La red técnica con que la hemos recubierto la está asfixiando. Se ha de tener la sabiduría precisa y la prudencia suficiente para imprimir cierta laxitud al supramedio técnico, pero no tanta como para poner en peligro la humanidad misma. Se precisan, en suma, *acciones racionales* que restablezcan el necesario equilibrio en las interacciones entre tecnología, sociedad y medio ambiente. O lo que es lo mismo: la tecnología tiene efectos positivos y negativos, ¿cierto? Es así que unos y otros (sino total, sí al menos en buena medida) pueden ser identificados, incluso de antemano, es decir antes de la introducción masiva de la tecnología en cuestión. Pues, si la cosa es así, hagámoslo y tratemos, entonces, de resolver los problemas de la tecnología sin renunciar a ella, es decir: *sin echar el niño con el agua sucia de la bañera*.

Entre las acciones racionales que empiezan a aparecer en los setenta, las hay de tipo político/institucional, económico y educativo.

(a) Acciones Político/Institucionales

Los EE.UU. son pioneros en la promulgación de medidas legislativas y en la creación de instituciones, que, dedicadas a analizar las interacciones entre la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, pusieran esos análisis al servicio de la planificación tecnológica (Technology Policy).

Entre las medidas legislativas destaca la NEPA. Entre las instituciones, la OTA.

LA NEPA

En 1969, se aprueba en EE.UU. la *National Environmental Policy Act* [NEPA] (Ley de Política Medioambiental Nacional). Fija esta ley que el gobierno federal debe usar de cuantas medidas disponga para crear y mantener las condiciones adecuadas a fin de que el ser humano y la naturaleza puedan existir en armonía y a fin de satisfacer los requisitos sociales y económicos de las generaciones presentes y futuras de los norteamericanos.

Para acciones que puedan afectar la calidad del medio ambiente, la NEPA fija -en su título I, Sección 102 (c)- la necesidad de hacer *Environmental Impact Statements* [EIS] (Informes de Impacto Ambiental), que analizarán:

- ≠ (1) el *impacto* ambiental de la acción propuesta;
- ≠ (2) *efectos* ambientales adversos que no podrían evitarse si la propuesta fuera llevada a término;
- ≠ (3) alternativas de la acción propuesta;
- ≠ (4) la relación entre usos locales a corto plazo del entorno del ser humano y el mantenimiento y potenciación de la productividad a largo plazo; y
- ≠ (5) *recursos no renovables* implicados por la acción propuesta, si se llevara a término.

Aunque ha sido criticada desde diversas perspectivas, el balance de la NEPA puede considerarse positivo, habiendo contribuido en EE.UU., cuando menos, a *cambiar la actitud* acerca de las implicaciones medioambientales del desarrollo tecnológico. Muchas de las críticas -que repetiré luego, al hablar de la OTA- vienen, en los setenta, de posiciones marcadamente antitecnológicas. Se trata de aproximaciones que manifiestan un fundamentalismo ecológico o filosófico-religioso profundo. Los *ecofundamentalistas* consideran que cualquier tecnología que incida en la naturaleza es causa, en último extremo, de *desastres*, porque rompe el curso natural de los eventos y hay, por tanto, que marginarla. Junto a posiciones ecológicas de este tipo se alinean concepciones filosóficas -principalmente, de corte heideggeriano- que se caracterizan por su hondo *tecnopesimismo*.

LA NOTA

El análisis de impactos ambientales tiene carácter local. Sin embargo, hay, o puede haber, innovaciones tecnológicas con un alcance *amplio*, cuando no *global*. Además, de algunas de esas innovaciones son (o se presume que son) más importantes las implicaciones sociales, económicas, legales, que las estrictamente medioambientales (que, tal vez, ni existen). Piénsese en el caso de las tecnologías genéticas aplicadas al ámbito humano.

Consideraciones de esta índole llevaron en los EE.UU. a la institucionalización en 1972 de un organismo, para promover los análisis de los impactos tecnológicos, entre ellos los medioambientales. Se trata de la *Office of Technology Assessment* (Oficina de Evaluación de Tecnologías) [OTA].

La OTA es una agencia independiente de cualquier partido, nacida para suministrar información objetiva al Congreso de los EE.UU. y al público en general sobre cuestiones relacionadas con el cambio científico y tecnológico.

La OTA venía a materializar los deseos formulados, entre otros, por el congresista Emilio Q. Daddario (1967). Daddario pensaba que era necesario dotar a los

políticos de informes lo más precisos posibles tanto sobre las consecuencias positivas de las innovaciones tecnológicas y la manera de transferirlas a la sociedad, cuanto sobre sus *previsibles* efectos negativos y el modo de reducirlos o evitarlos. Creía que esos informes debían hacerse en cualesquiera circunstancias, y no sólo cuando una catástrofe o algo similar obligara a ello. Y, además, defendía que habían de confeccionarse desde una perspectiva multidisciplinaria:

"La información técnica que necesitan los políticos no siempre está disponible, o no siempre lo está en la forma correcta. Un político no puede juzgar los méritos o consecuencias de un programa tecnológico moviéndose sólo en un contexto estrictamente técnico. Ha de atender implicaciones sociales, económicas y legales de cualquier curso de acción"(1967:9).

Las ideas de Daddario desembocaron en la *Public Law* No. 92-484, de 1972, que creaba la OTA. En sus veinte años de existencia esta institución ha realizado gran cantidad de estudios.

Los estudios de la OTA (hablando estrictamente: los estudios de Evaluación de Tecnologías [*Technology Assessment*] de la OTA), no han aplicado, ciertamente, una sola metodología, pero comparten, al menos, una visión *sistémica común*. Esa visión nace de considerar que Ciencia, Tecnología y Sociedad son tres componentes de un sistema y, en cuanto tales, interaccionan entre sí. Ocuparse de uno de ellos, sin atender los otros dos, es un error epistemológico grave que tiene consecuencias prácticas aun peores, como la *explosión del 68* pone de manifiesto.

Se han propuesto diversos modelos para esa red de interacciones; en suma, para el *sistema* Ciencia-Tecnología- Sociedad. Aunque algo antiguo (es de 1977), a mí me parece muy apropiado el propuesto por Wenk y Kühn⁽⁵⁾. [Figura 1]. Lo expondré seguidamente con algunas modificaciones.

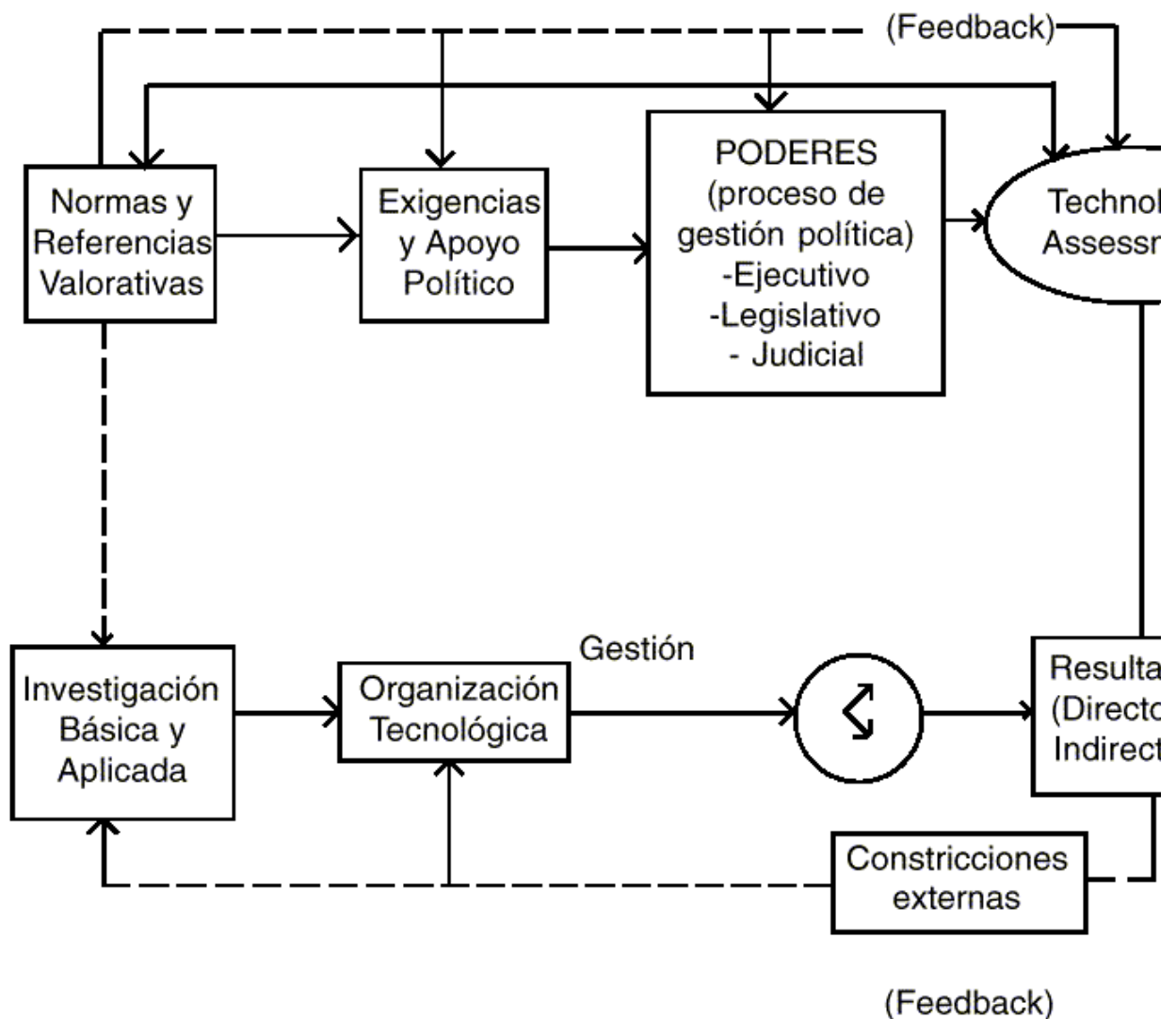


Figura 1. Sistema de producción de tecnologías

Este modelo recoge la noción de Sistema de Producción de Tecnologías⁽⁶⁾ [SCT] y se compone de cuatro elementos básicos:

1. **Inputs** del sistema, que incluyen:

- ✦ el conocimiento suministrado por la investigación básica y aplicada,
- ✦ los valores humanos, y
- ✦ la organización tecnológica:
 - ✦ el capital,
 - ✦ los recursos naturales y humanos,
 - ✦ los instrumentos,

2. Partes interesadas, tanto públicas como privadas, que juegan un papel importante en la operación del SCT o en la modificación y control de su **output** ("Partes interesadas" son aquí personas o grupos, afectados por el objeto de la evaluación, que pueden ganar o perder algo, según sea la naturaleza del impacto).

3. Procesos sistémicos mediante los cuales las partes interesadas interactúan entre sí a través de conexiones informativas, de mercado, políticas, legales y sociales.

4. **Outputs** del sistema, incluyendo efectos directos (perseguidos) e indirectos (no

buscados) sobre los entornos social y físico.

En Porter (1980) se ofrece la dilucidación siguiente de cómo procede un SCT.

(a) Determinadas organizaciones de investigación básica y aplicada de las universidades, la industria, instituciones privadas o el gobierno, desarrollan un conocimiento y unas capacidades que constituyen el *empuje* (*push*) inicial para producir un nuevo *output* tecnológico.

(b) Los consumidores dan un *tirón* (*pull*) a través de su demanda de bienes y servicios.

- ≠ El *push* y *pull* se acoplan a través de la gestión de la organización tecnológica⁽⁷⁾ que percibe la demanda y la capacidad, calibra las restricciones externas, y reúne y organiza los factores de producción.
- ≠ Las restricciones externas a la operación de la organización tecnológica pueden ser de naturaleza social, técnica, económica y/o medioambiental.

Las restricciones sociales, en particular, suelen suponer la existencia de ciertos factores culturales que incluyen valores o preferencias valorativas, tanto del público en general cuanto de los grupos afectados. Lo que las instituciones de gobierno hacen, entonces, es seleccionar y priorizar tales preferencias valorativas. Luego, las formalizan en *políticas* que reglamentan y subvencionan los programas de investigación y desarrollo (I+D) pertinentes.

La aceptación de estas ideas exige profundizar en la identificación de los componentes de los SCT y en el conocimiento de sus interconexiones como paso imprescindible para poder pronosticar las *formas* que pueda adoptar la tecnología en cuestión y la manera en que probablemente se desarrollará. Según sea la forma en que la tecnología se desarrolle serán sus impactos. De ahí que, si la Evaluación de Tecnologías aspira a pronosticar éstos, deberá partir de un estudio serio de los factores sociales que van a interactuar con la ciencia-tecnología. Según sea, en particular, la fuerza con que una preferencia valorativa se plantee ante los poderes, diferentes podrán ser las líneas de I+D que el ejecutivo tienda a incentivar o distintas podrán ser las normas que los parlamentos aprueben. A su vez, no hay que minusvalorar la capacidad que los poderes tienen de influir en las preferencias sociales, sobre todo en un mundo tan electrónicamente interconectado como el que se empieza a vivir ya en los 70.

Tan importante como conocer los factores sociales en interacción en el sistema Ciencia-Tecnología-Sociedad -y pronosticar su evolución futura- es conocer bien los *detalles de la tecnología* que vaya a evaluarse. En general, ya en el propio diseño de la tecnología se incorporan ciertos *rasgos* que comprometen el desarrollo futuro. Si esos rasgos se mantienen o potencian, la tecnología en cuestión causará impactos de un tipo determinado. No es necesario aguardar a que dicha tecnología se aplique para constatar sus impactos. La existencia de ciertos rasgos en el diseño es garantía de que impactos de cierta clase se seguirán del uso de dicha tecnología. Es evidente que no podremos predecir todos los impactos, pero sí algunos. Quizá los predichos no sean los impactos más importantes, pero puede ser útil conocer que pueden darse y hacer lo posible para evitarlos, si son negativos. Cualquier acción de esta índole mejorará, a su vez, los efectos positivos y, por tanto, la imagen pública que la tecnología en cuestión vaya a tener. Y esto debería ser suficiente para justificar la necesidad y conveniencia de hacer

pronósticos (*Forecasting*) desde los propios diseños⁽⁸⁾.

Estimo que es por eso por lo que en toda evaluación, Porter et al. (1980:53-60) fijan cinco *componentes* básicos, a saber:

1. Definición del Problema

Determinación de la naturaleza, alcance y objeto del estudio. Según los objetivos y los recursos disponibles.

Un componente importante de la definición del problema es la identificación de las partes interesadas y la identificación de la naturaleza de su interés. Esta identificación indicará la gama de valores *sociales y políticos*, involucrados en la evaluación, y ayudará a definir los impactos importantes y los sectores que han de ser atendidos.

2. Descripción de la Tecnología

La descripción de una tecnología debe incluir la identificación de los principales parámetros técnicos, los modos alternativos en que éstos pueden ser desarrollados, las tecnologías en competencia y la definición del sistema de producción tecnológica en cuestión

3. Forecasting Tecnológico

El *forecasting* tecnológico (TF) intenta predecir el carácter, intensidad y ritmo temporal de los cambios que experimentan las tecnologías. Es imprescindible así hacerlo, porque un *output* tecnológico no es el producto de nada estático, sino de la dinámica de un sistema, en el que cambios en alguno de sus factores quizá se traduzcan en cambios en otros. En suma, cambios en la tecnología pueden suponer modificaciones en la sociedad, y a la inversa.

Por eso mismo no sólo es necesario describir la sociedad, sino pronosticar también su evolución futura. A esas tareas se dedican los dos componentes siguientes.

4. Descripción Social

La descripción del estado de la sociedad debe concentrarse sobre aquellos aspectos de la sociedad (económicos, políticos, etc.) que interactúan con el objeto de estudio.

5. Forecasting Social

A partir de una situación dada, el *forecasting* social prevé una serie de futuros cualitativos y alternativos bajo la forma de escenarios (mundos) posibles, según sean las configuraciones que tengan algunas dimensiones sociales.

Un mundo posible es, en este sentido, aquel en que los test de diagnóstico son instrumentos de uso corriente para suscribir pólizas de seguros. Otro mundo posible es aquel en que una ley -como la *Americans With Disabilities Act* de 1990- prohíbe que el perfil genético de individuo sea conocido por alguien distinto de él mismo, de su médico o del gobierno, con lo que los test de diagnóstico genético no podrían ser en ese mundo (el mundo real de los EE.UU. hoy día) instrumentos que pudieran ser

usados legalmente por empresarios para contratar empleados.

Una vez en poder de los datos referidos a la descripción del problema, de la tecnología y de la sociedad (y a sus respectivos pronósticos), puede ya empezar la parte crucial de la ET, consistente en la:

6. Identificación de Impactos

Determinación de los impactos de una tecnología. Por "impactos" se entienden aquí los productos de la interacción entre una tecnología y su contexto social;

7. Análisis de Impactos

El análisis de impactos estudia la probabilidad y magnitud de los impactos identificados, tratando de determinar sus efectos sobre las partes interesadas; y, finalmente, la

8. Valoración de impactos

Una vez identificados y analizados los impactos, se determinan sus interrelaciones y significación respecto de metas y objetivos sociales que tienen que ver con la tecnología en cuestión.

La valoración de impactos involucra juicios de importancia, cuya responsabilidad corresponde según la práctica normal en la OTA al *equipo de evaluadores*. Es por eso por lo que se considera que los supuestos y valores, sustentados por los evaluadores, deberían explicitarse tanto como fuera posible.

Hay que reconocer, con todo, que si la ET queda sólo en manos de expertos, que son quienes presiden la elección de qué evaluar, cuándo evaluarlo y cómo evaluarlo -y eso es algo que claramente se establece en Porter et al. (1980)-, es posible que los informes de ET de cara a una planificación tecnológica reflejen sólo los valores de los expertos. Y esos valores pueden ser muy distintos de *metas sociales ampliamente compartidas*. En esas circunstancias, es evidente que los informes de los equipos de expertos, practicantes de ET, podrían servir a algunos de los poderes para :

- ≠ mostrar lo infundado de ciertos escrúpulos sociales, y
- ≠ legitimar políticas tecnológicas de (en caso contrario) poca o nula comprensión social.

De ahí que, repito una vez más, en los años 70 y buena parte de los 80, se alzarán voces contra el *empleo en general* de la ET (es decir, sin distinguir entre lo que hubiera de aceptable y de corregible en ella a la vista de las experiencias habidas) como medio de conseguir un desarrollo tecnológico más armónico con la sociedad y el medio ambiente.

Esas voces han salido, principalmente, de las filas del ecofundamentalismo, de la filosofía de corte heideggeriano y de ciertas posiciones religiosas. En todos los casos, se ha tratado de posiciones que se acercan *re-activamente* a la problemática tecnológica. Resuelven, en suma, la dicotomía ecología-tecnología (donde ecología tiene un significado amplísimo) negando la tecnología en nombre de la salvación de la naturaleza, porque consideran que toda intervención tecnológica en ella rompe

su orden... y eso se paga a la corta o a la larga.

Con todo, ya en los 80, la actitud mayoritaria hacia la ET no es la acabada de describir. En general, las posiciones dominantes ante la tecnología en el dilema ecología-tecnología pasan de ser re-activas a ser *pro-activas*: a defender la conveniencia de potenciar aquellas metodologías que nos permitan conocer de antemano algunos impactos de la tecnología en cuestión, con el fin de aminorarlos en la medida de lo posible. Hay que añadir, para evitar equívocos, que ciertamente ese cambio ha ido acompañado del intento de introducir modificaciones en el concepto mismo de ET. En buena medida, esas modificaciones han tenido que ver con el hecho de que la concepción del desarrollo tecnológico prevaleciente estos años haya sido la *evolutiva*.

Para esta concepción, la tecnología se desarrolla de forma parecida a como lo hacen los seres vivos según el evolucionismo ortodoxo. Todo ser vivo presenta variaciones. Algunas variaciones son naturalmente seleccionadas. Toda tecnología admite configuraciones diferentes. El *entorno social* selecciona unas configuraciones y no otras.

Los agentes de selección que forman el entorno social son lo que Bijker et al.(1987) llaman "grupos sociales relevantes", entendiendo por tales todo tipo de instituciones y organizaciones cuyos miembros confieren el mismo significado a un artefacto tecnológico. Según sea el significado adscrito, cada grupo social relevante prevé *un mundo posible* diferente (un escenario distinto, empleando un anglicismo) vertebrado por una configuración distinta de la tecnología en cuestión.

Los significados adscritos (los mundos posibles pronosticados) por los grupos sociales relevantes pueden ser radicalmente distintos, lo que quizá genere situaciones de conflicto.

Desde este punto de vista, la nueva ET (para la que se usan nombres distintos como "Evaluación Social de Tecnologías", "Evaluación Constructiva de Tecnologías" o "Evaluación Estratégica de Tecnologías"), más que identificar impactos, analizarlos y valorarlos, trata de:

- ≪ pronosticar los mundos posibles que pueden resultar de que prevalezca una configuración u otra de la tecnología en cuestión; y
- ≪ prever los conflictos entre esos mundos posibles.

La cuestión que inmediatamente se plantea en este contexto es la de *cómo se cierra o clausura un conflicto* así entre grupos sociales relevantes.

La receta que desde la *nueva* ET se ofrece a este respecto es la de que sería deseable que los conflictos entre grupos sociales relevantes *no se resolviesen por imposición* de uno de ellos. El caso reciente de la tecnología nuclear pone de manifiesto que las imposiciones pueden conducir a un *desenraizamiento* social de la tecnología. La sociedad empieza a ver como problemática no una determinada tecnología, sino la *tecnología en general*. Un síntoma es que, cuando eso sucede, el interés por las carreras tecnológicas comienza a declinar.

Una adopción racional de decisiones acerca de opciones tecnológicas debería basarse, pues, no en imposiciones de unos grupos sobre otros, sino en un estudio meticuloso de los diversos mundos posibles correlatados con todas y cada una de esas opciones y predichos mediante el uso de las herramientas suministradas por

la Evaluación de Tecnologías.

Un estudio de esta naturaleza, acompañado del conocimiento directo de las interpretaciones sustentadas por cada grupo social relevante, debería ser la base sobre la que los Parlamentos o las agencias gubernamentales tendrían que adoptar, en concreto, sus decisiones de legislar acerca de la tecnología y promocionar unas vías de I+D frente a otras posibles. De hecho así ha sucedido ya en el caso de las evaluaciones de algunas tecnologías en el contexto europeo.

Esto último no quiere decir, sin embargo, que la nueva ET sea asunto sólo del sector público. El sector privado es clave en la economía de mercado. A él compete, sobre todo, aplicar avances de la ciencia y la tecnología en procesos y productos (o lo que es lo mismo, *innovar*).

Por eso, sólo cuando la evaluación de tecnologías esté integrada en el sector privado podrá decirse que se han alcanzado sus objetivos de contribuir a la solución racional de conflictos y, por tanto, al *enraizamiento social* de la tecnología.

(b) Las Soluciones Económicas: Las Teorías del Desarrollo Sostenible

Cuando en 1972 Meadows et al. publican su informe sobre el crecimiento, quizá estaban lejos de imaginar las grandes y profundas controversias que iban a generar. Algunos titulares de los periódicos de aquel entonces avisaban acerca de la *catástrofe global* predicha por algunos científicos reputados. Y en parlamentos y sociedades científicas se analizaron *Los límites del crecimiento*.

La opinión más extendida sobre este informe era -y es- que sus autores se inclinan por *frenar* el crecimiento. Creo que esa opinión es acertada, aunque hay que hacer alguna que otra matización.

En primer lugar, Meadows et al.(1972) no hablan de *parar todo* el crecimiento. En segundo lugar, tienen mucho cuidado en distinguir entre *crecimiento* y *desarrollo*.

No es lo mismo *crecer* que *desarrollar*. "Crecer" significa aumentar de tamaño. "Desarrollar" significa hacerse cualitativamente mejor.

Es posible detener el crecimiento económico, -dicen Meadows et al.(1972)- y , en cambio, *promover el desarrollo*. Es posible, en suma, alterar las tendencias de crecimiento que pueden llevarnos al sobrepasamiento y establecer, a la vez, condiciones de estabilidad económica y ecológica que puedan sostenerse en el futuro.

En 1992, Meadows, Meadows y Randers han revisado su informe de 1972. Identifican la sociedad desarrollada de la que hablan en 1972 con la sociedad sostenible y piensan que:

"Una sociedad sostenible es aún técnica y económicamente posible. Podría ser mucho más deseable que una sociedad que intenta resolver sus problemas por la constante expansión. La transición hacia una sociedad sostenible requiere un cuidadoso equilibrio entre objetivos a largo y corto plazo, y un énfasis mayor en la suficiencia, equidad y calidad de vida, que en la cantidad de la producción. Exige más que la productividad y más que la tecnología; requiere también madurez, compasión y sabiduría" (1972:23).

Estas palabras suponen un ofrecimiento implícito del tipo de vida que podríamos

elegir para el futuro.

Podemos seguir impulsando el crecimiento. Pero debemos ser conscientes de que, si no revisamos globalmente las políticas y prácticas que perpetúan el crecimiento del consumo material (y de la población), pronto *sobrepasaremos* de forma irreversible ciertos límites. "Muchas fuentes cruciales están disminuyendo y degradándose y muchos sumideros están desbordándose. Los flujos de insumos globales que sostienen la economía humana no pueden mantenerse en su tasa actual de forma indefinida, y en algunos casos por poco tiempo más", dicen Meadows et al.(1992:36). ¿No será nuestro crecimiento pan para hoy, pero hambre para mañana?

Podemos, en cambio, impulsar el *desarrollo*. Podemos promover una sociedad *sostenible*: una sociedad en la que

- ≪ se incremente rápida y drásticamente la *eficiencia* con la que se utilizan los insumos (materiales y energías);
- ≪ se *reduzcan* los sumideros, para lo que se precisa impulsar tecnologías que produzcan los menos residuos posibles y que sean capaces de reciclar los residuos que se generen.

Ciertamente estas medidas podrían mejorar las cosas. Pero no son suficientes o, cuando menos, requieren más tiempo del que posiblemente se dispone para solucionar el desaguado en que nos ha metido el crecimiento exponencial de la economía industrial.

Además de *habilidad* técnica para resolver tales problemas se requiere, al decir de Meadows et al.(1992:38,y capítulo 7), sabiduría, una sabiduría que se refleja en aceptar ciertas *restricciones deliberadas* del crecimiento.

Dichas restricciones son, principalmente, dos:

- ≪ moderar el número de hijos, y
- ≪ moderar las demandas económicas.

Ninguna de las dos restricciones significa *aceptar voluntariamente vivir en la pobreza*. Ciertamente, usando la Dinámica de Sistemas y un programa de ordenador conocido por World3, Meadows et al.(1992) pueden pronosticar que:

- ≪ si la población adopta un tamaño óptimo de familia de dos descendientes,
- ≪ si la población adopta un objetivo deliberadamente moderado para la producción industrial per capita de unos 350 dólares, y, por añadidura,
- ≪ se desarrollan tecnologías para conservar recursos, proteger la tierra agrícola, incrementar el rendimiento del suelo y reducir la contaminación,

entonces la sociedad resultante puede sostener unos 8.000 millones de personas en un nivel de vida confortable, con altas expectativas de vida y contaminación decreciente, por lo menos ¡hasta el 2100!

Según los pronósticos de Meadows et al.:

"Después del 2010, la expectativa promedio de vida se mantiene apenas por encima de los 80 años, los servicios por persona se elevan un 210 % por encima del nivel de 1990,

y hay suficiente alimento para todos. La contaminación alcanza su máximo y comienza a caer antes de causar daños irreversibles. Los recursos no renovables se extinguen con tal lentitud que la mitad del stock inicial se encuentra presente en el año 2100. La sociedad... logra reducir el peso total sobre el medio ambiente a partir del año 2040. la tasa de extracción de recursos no renovables cae después del 2010. La erosión de la tierra se corta abruptamente después del 2040. La generación de contaminantes persistentes alcanza su máximo en el 2015. El sistema logra colocarse por debajo de sus límites, evita un colapso descontrolado, mantiene su nivel de vida y se sostiene casi, pero no del todo, en equilibrio." (1992:238).

Los pronósticos son bastante optimistas. Hecho un análisis de las consecuencias que la tasa de crecimiento actual está teniendo sobre el medio ambiente y predichos los problemas gravísimos que la misma puede generar en el futuro, Meadows et al.(1992) ofrecen soluciones.

Ya las ofrecieron en 1972, con éxito desigual. Por una parte, poco es el caso que los grupos de poder económico hicieron de las advertencias y recetas para superar la crisis, contenidas en *Los límites del crecimiento*. Si algo empieza desde luego a tomar carta de naturaleza desde los 70 hacia aquí no es la globalización de la sabiduría, que proponen Meadows et al, sino la *globalización del mercado*.

El mercado global descansa sobre *tres vértices*, capaces de producir lo suficiente -y más- para cubrir las necesidades materiales de todo habitante de la Tierra. Esos tres vértices eran, en un principio, tres países (o *uniones* de países), que están hoy en trance de convertirse en constelaciones de países.

Dichos tres vértices eran EE.UU., Japón y las Comunidades Europeas, hoy Unión Europea. Se trata de países (o uniones) muy industrializados, con fuerte consumo de recursos naturales y energía, con generación grande de residuos y con una renta *per capita* muy alta. Desde hace un cierto tiempo, alrededor de esos vértices giran países de rápida industrialización. Éstos, con una mano de obra por lo general muy barata -con unos costes de producción, en general, bajos-, están ganando con sus productos a bajo precio cuotas de mercado antes en posesión de los tres vértices. Entre los países de rápida industrialización se encuentran Taiwan, Malasia y Corea.

Los EE.UU., Canadá y México han creado, por su parte, un mercado común por el denominado Tratado de Libre Comercio. Chile y otros países sudamericanos podrían acabar integrándose en él.

La Unión Europea, finalmente, podría ampliarse a algunos de los países ex comunistas. Candidatos principales para esa extensión parecen ser Hungría y la República Checa.

Lo bien cierto es que los tres vértices -estrictos o en trance de ampliación- han protagonizado una batalla considerable esta última década, tratando de incrementar sus cuotas de mercado. Un incremento así sólo parece posible sobre la base de *crecer*. Se considera, además, que crecer (y por encima del 2,5 % del PIB) es necesario no sólo para competir con los otros vértices, sino para *generar empleo*. El paro, ciertamente, está cebándose en los vértices (estrictos). El aumento del número de desempleados es tal que la situación comienza a ser socialmente explosiva en algunos países.

Atendiendo a esa situación, ¿pueden tomarse en serio las propuestas de frenar el

crecimiento, aunque sólo sea en los sectores que gastan más insumos y producen más contaminación?

Está claro que no es lo mismo crecer que desarrollarse. Como lo está también que nadie en su sano juicio puede preferir el crecimiento (aumentar simplemente de tamaño) al desarrollo (mejorar cualitativamente). Pero, hasta hoy no se conoce ninguna fórmula efectiva para desarrollarse que no esté basada en supuestos altruistas universalmente compartidos. Todos deberían frenar el crecimiento (aunque no fuera en todos los sectores) y adoptar medidas de desarrollo. Aun suponiendo que estuvieran dispuestos a hacerlo así los *vértices*, estrictos o ampliados, ¿estarían dispuestos a renunciar a crecer los países en vía de desarrollo, o los subdesarrollados? ¿No podrían entender que el paró del crecimiento quizá les hundiera en un pozo del que no les podrían sacar buenas palabras, la sabiduría por la que apuestan Meadows et al.(1992)?

Recetas globales, cuyo cumplimiento se estima preciso para superar un futuro innegablemente aterrador, al estilo de las de Meadows et al.(1972, 1992) rezuman un cierto espíritu ilustrado, muy del gusto de *planificadores de la economía universal*.

Al ser tan globales suelen, además, desatender variables que pueden hacer que se cuestione la plausibilidad de los análisis en que se basan. Por eso no es de extrañar que nazcan ya con el *estigma de la irrealizabilidad*.

De ahí que su interés no radique tanto en lo que propugnan, sino en lo que denuncian. Los diagnósticos de los informes globales, como los de Meadows et al., suelen ser bastante precisos. La terapia es siempre lo cuestionable.

Y hay que decir a este respecto que los diagnósticos de los informes mencionados estaban lo suficientemente bien hechos como para, cuanto menos, concitar la atención de ciudadanos, instituciones políticas y sindicatos. No hay duda de que los *movimientos verdes* beben en estas fuentes, así como que la economía, como ciencia, empieza a tomar en serio que los impactos industriales sobre el medio ambiente no son externalidades irrelevantes sólo a partir de la publicación de dichos informes.

Si algo evidencian estos informes es que la propia posibilidad de un futuro mejor depende de saber conectar los dos términos de una dicotomía, aparentemente irreconciliable: economía-ecología.

Hay que saber *ecologizar la economía* para evitar sobrepasamientos, sin que ello signifique detener la economía. Un modo de ecologizar es establecer la legislación pertinente y velar por su cumplimiento. El principio "quien contamina, paga" puede ser un elemento disuasivo de prácticas no ajustadas a la ley. Otro modo, complementario del anterior, es introducir cambios estructurales en la industria, tendientes a optimizar el empleo de recursos naturales y energía, y a reducir en la medida de lo posible factores de contaminación. Reciclar residuos completa este paquete de medidas, que vienen a coincidir con las básicas del conocido como "*desarrollo sostenible*".

Pero, hay que saber también *economizar la ecología*. En primer lugar, el medio ambiente puede ser un negocio, en el sentido más positivo del término. Las actividades turísticas son un ejemplo claro de lo que intento decir. Pero, además, el desarrollo de *tecnologías limpias* puede permitir crecer. Si algo resulta evidente hoy

es que el crecimiento y la productividad van a depender cada vez más de la innovación tecnológica (en productos o procesos) y que buena parte de esa innovación va a ir destinada a satisfacer requerimientos de consumidores que, de seguir la actual tendencia, van a pedir cada vez más productos *ecoamigos*.

Pues bien, no hay la menor duda de que informes como los de Meadows et al. están a la base de este intento, de nuevo cuño, de acercar ecología y economía. Puede que este intento *descafeíne* -como dicen algunos- el serio aviso y la drástica receta de Meadows et al. para evitar sobrepasamientos. Mucho me temo, sin embargo, que informes como éstos estén condenados siempre a ser desatendidos, por maximalistas. Que nacen, como antes he dicho, con el estigma de la irrealizabilidad. Que conducen a la inacción, en una palabra. Mucho más comprometido que un programa irrealizable es un intento de construir un *ecosistema industrial* como el arriba descrito. Manuel García Ferrando dice a este respecto:

"Paradójicamente, el cambio de perspectiva de análisis de los problemas ecológicos, desde la óptica del crecimiento cero a la del desarrollo sostenible, que a algunos les parece representa una pérdida de impulso, impone una carga más pesada a la empresa, los principales agentes económicos y los distintos actores sociales" (1994:26)

La necesidad de avanzar hacia la creación de ese ecosistema industrial en una sociedad sostenible ha llegado a inspirar incluso normativas como el *Quinto Programa de Acción Medioambiental* (1992) de la Unión Europea. Aun cuando prevé la puesta en práctica de medidas tendientes a resolver problemas medioambientales determinados -como el deterioro del medio ambiente urbano o de los recursos naturales-, el Quinto Programa enfatiza la necesidad de incidir sobre los desequilibrios producidos por los modalidades actuales de producción y consumo, pues considera que aquellos problemas no son otra cosa que manifestaciones parciales de estos desequilibrios.

Un modo de incidir sobre las modalidades de producción y consumo lo constituye la promulgación de *normas* y la vigilancia de su cumplimiento. Pero eso no basta. Es necesario promover nuevas modalidades que supongan la participación activa de todos los agentes económicos y sociales. A ese respecto se subraya el papel importante que han de jugar los poderes públicos, las empresas privadas, las organizaciones no gubernamentales (asociaciones ecologistas, asociaciones de consumidores, sindicatos, asociaciones profesionales...) y el público en general, en su doble faceta de ciudadanos y consumidores.

De hecho no es distinto el papel reservado aquí a los poderes públicos del que le he atribuido en el apartado anterior de este ensayo, dedicado a Soluciones Institucionales. Si Ciencia-Tecnología-Sociedad forman un sistema, en el que interaccionan la investigación básica, los recursos organizativos y *los poderes públicos*, por citar sólo tres componentes, no se olvide que éstos últimos pueden (si se trata de Parlamentos) legislar de forma que se disuadan ciertas prácticas industriales no deseables y se promuevan en su lugar prácticas deseables y gobernar (si se trata de Poderes Ejecutivos) de modo que se dirija buena parte de la financiación pública de I+D hacia proyectos conformes con los principios de una sociedad sostenible.

Respecto de la industria, como dice Julio García Burgués:

"Hasta el momento las medidas adoptadas en este sector han tenido un carácter

predominantemente reglamentario, definiéndose a través de las mismas las prescripciones que imperativamente ha de respetar la industria comunitaria. Por el contrario, la nueva estrategia definida en el quinto programa se ha basado en el reconocimiento de que las actividades industriales no han de ser contempladas tan sólo como una amenaza potencial para el medio ambiente, ya que también pueden aportar soluciones a los problemas existentes en este ámbito. Oír tanto (OJO!) esta estrategia está orientada hacia una intensificación del diálogo con la industria, así como hacia la promoción, en determinadas circunstancias, de acuerdos voluntarios y de otras formas de autorregulación" (1994:78).

Las relaciones entre industria y medio ambiente⁽⁹⁾ se asientan, según el Quinto Programa, en una mejor gestión de los recursos, una mayor información a los consumidores y al público en general y el cumplimiento de los estándares fijados por la Unión Europea para los procesos y los productos.

La aplicación del programa a la industria pasa finalmente por el desarrollo de metodologías que permitan el análisis de impactos. En este sentido, sin que haya sin embargo una manifestación expresa de lo mismo en el Programa, se está apuntando hacia la necesidad de extender los estudios de Evaluación de Tecnologías.

Ciertamente, como dice Riccardo Petrella:

"...las actividades de Evaluación de Tecnologías (ET) y las instituciones a ella dedicadas han dejado tras de sí el frágil y peligroso período de la infancia. La ET se nos ha hecho adulta. Los miembros de la 'comunidad ET', pertenecientes a los diversos países y regiones de Europa -principalmente, de la Europa Occidental-, se muestran razonablemente esperanzados" (1994:7)

Pero, tiene razón así mismo Petrella cuando concluye (*ibidem*) que, esa institucionalización de las actividades de ET en Europa no garantiza ni su calidad, ni su influencia sobre elecciones políticas. Cosa que es cierta, y no sólo en el caso de las organizaciones nacionales, sino también en el de las iniciativas propias de la Unión Europea, como los programas FAST y STOA.

Un problema más hay que añadir a este respecto. Aunque se consolide finalmente en Europa una ET, ligada a parlamentos o gobiernos, de poco servirá mientras no se generalice el uso de la metodología ET en el sector industrial. Los motivos son obvios.

Finalmente, respecto del papel de los ciudadanos y consumidores según el Quinto Programa, bien está decir que hay que informarles y que la etiqueta ecológica puede servir a ese fin. Pero, es de una evidencia supina que eso no basta.

Los ciudadanos y consumidores pueden ayudar, y mucho, a consolidar la sociedad sostenible. Para ello no necesitan sólo información. Lo que requieren es un cambio completo educativo que les permita, primero, comprender el sistema Ciencia-Tecnología-Sociedad en el que se desarrolla su vida y, segundo, el papel importantísimo que ellos tienen en ese sistema.

O lo que es lo mismo: los problemas sobre la Ciencia-Tecnología-Medio Ambiente-Sociedad, aparecidos con notoria virulencia a fines de los sesenta, tratan de solucionarse ya a partir de los setenta con medidas de tipo institucional (NEPA, OTA, NOTA,...) y medidas de tipo económico (ecosistema industrial, desarrollo

sostenible), pero es necesario acompañar estas medidas de propuestas educativas que permitan que ciudadanos y consumidores, educados críticamente, participen de forma responsable en el desarrollo de sus sociedades.

(c) Las Soluciones Educativas

Antes de hablar de ciudadanos en general, voy a detenerme en dos tipos de ciudadanos importantísimos en todo *sistema* de producción de tecnologías. Me refiero a científicos y tecnólogos.

Por cierto que aún no son pocos los científicos y tecnólogos que, intentando que nadie se meta en su terreno, restan valor a su papel en el sistema de producción de tecnologías. Es evidente que pensar en categorías de sistemas obliga a los científicos y tecnólogos a ver la ciencia y la tecnología como entidades que se construyen en interacción con otras (instituciones políticas, valores, preferencias normativas,...) y que, por tanto, *no son autónomas*. Y de ahí que los científicos defensores de la autonomía de la ciencia y de la tecnología suelen ser analíticos y, por tanto, antisistémicos.

Con ello creer garantizar que su territorio se desarrollará siguiendo leyes propias que, en concreto, no tendrán mezcla espuria alguna de elementos subjetivos, de tipo social y psicológico principalmente. Lo que los científicos y tecnólogos hacen, lo hacen sin pensar en usos -vienen a decir-. Si lo que descubren o aplican encuentra usos -incluso admirables-, mejor que mejor. Pero los usos son externalidades, es decir: nada intrínseco a lo que ocupa la atención de científicos y tecnólogos en sentido estricto. En suma, el individuo y la sociedad están al final (y por lo dicho, *no siempre*) del trayecto científico o tecnológico: los productos de la ciencia o de la tecnología a veces se usan y producen avances en el ámbito individual o social. Pero, la bondad de esos usos -por grande que sea- no justifica la empresa científica o tecnológica.

En esta visión clásica, la ciencia, como teoría, ha de ser lógicamente consistente y sus consecuencias deben ser (según unos) verificadas; según otros, corroboradas. La lógica y el mundo -perdóneseme un pecado de platonismo en este punto- son los raseros que miden la ciencia. La ciencia mejora conforme mayor es la cantidad de consecuencias válidas (no tautológicas) que se sigan de ella. Y en cuanto a la tecnología, como ciencia aplicada a la técnica que es, mejora cuando mejores teorías científicas se descubren y aplican.

Ser conscientes de la no-autonomía de la tecnología es, por contra, un paso indispensable para comprender que la mejora de una tecnología no va a depender de contar sólo con teorías científicas mejores. Desde un punto de vista sistémico, lo mejor, hablando de tecnologías, es lo que socialmente se *configura* como tal a través de ese largo proceso de interacciones entre grupos sociales relevantes, que termina con la adopción racional de una decisión sobre qué opción tecnológica debe impulsarse.

Esa toma de consciencia de la que la tecnología no es autónoma, de que *no hay tecnología sino en sociedad*, puede hacer, además, que científicos y tecnólogos se sientan *responsables* por sus obras. Los científicos y tecnólogos están obligados a pensar en las posibles implicaciones sociales y medioambientales de sus creaciones. Y, a la vez, han de ser conscientes de que esos efectos pueden vislumbrarse ya a partir de las configuraciones posibles que la tecnología pueda asumir.

En este punto, podemos fiar en la naturaleza humana y pensar que los tecnólogos responsables acabarán por arrinconar a los que no lo sean. Y que, además, podrán intuir los cursos de desarrollo de las tecnologías, según sea la configuración que en cada momento domine. Y, por tanto, dejándose llevar de su responsabilidad, impulsarán aquellas vías de desarrollo que sean más conformes con los valores sociales.

Pese a eso, quizá convenga pensar que no está demás enseñar a los tecnólogos, por una parte, *ética*, para que así puedan familiarizarse con teorías acerca de la responsabilidad y, por otra, rudimentos de sociología y economía del cambio técnico que, junto a algo de historia y filosofía de la tecnología, les permita conocer de forma más rigurosa cómo los factores del entorno social de una tecnología van a intervenir en la selección de unas configuraciones frente a otras. Esas enseñanzas son, precisamente, las que en buena medida persiguen los llamados "Estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad" desde sus primeras formulaciones en la segunda mitad de este siglo.⁽¹⁰⁾

Pero no sólo eso. Estos estudios no están pensados únicamente para científicos y tecnólogos, sino para humanistas y, en general, para todos, pues a todos debe interesar una comprensión cabal del mundo en que se vive. Resulta curioso, a este respecto, que el común de los seres humanos viva en un mundo, vertebrado de forma crecientemente por la tecnología e ignore el ABC de la tecnología. Usa sin conocer. La tecnología omnipresente le es algo ignato. El ser humano es, en suma, un sonámbulo en un mundo cada vez más tecnologizado⁽¹¹⁾.

Ese desconocimiento se traduce, según unos, en temores infundados acerca del poder de la tecnología, temores azuzados frecuentemente por tecnocatastrofistas. En otras ocasiones, esa ignorancia impide que un ciudadano tome decisiones básicas acerca de qué consumir, de qué bando tomar en debates sociales o de qué opciones políticas -defensoras de formas determinadas de opciones tecnológicas- puede apoyar con su voto.

Ese desconocimiento o ignorancia no desaparece con lecturas informales. No basta, como algunos creen, con leer los suplementos de periódicos o esas secciones de las revistas de divulgación científica tituladas "Ciencia y Sociedad", que suelen contener más bien desvaríos que otra cosa. Lo que se precisa es un cambio profundo en la enseñanza de las ciencias y de las tecnologías. Que le permita comprender al estudiante el valor que las mismas van a tener a lo largo de su vida. Pero, para ello, es preciso, sin menoscabo de los contenidos propiamente científicos o tecnológicos, ofrecer al estudiante una *visión auténtica* de cómo se configura socialmente la ciencia y la tecnología, y de cómo éstas impactan a su vez la sociedad y el medio ambiente. El problema es, precisamente, cómo armonizar ambos objetivos:

- ✗ enseñar ciencia y tecnología, y
- ✗ mostrar sus interacciones con la sociedad y el medio ambiente.

Lo primero es necesario, sobre todo en los niveles básicos y medios de enseñanza, pues un buen número de estudiantes requieren tener conocimientos científicos y tecnológicos sólidos para proseguir sus estudios en niveles superiores. Pero, lo segundo es importantísimo, tanto para quienes van a proseguir estudios científicos o tecnológicos, como para quienes no van a hacerlo. Pues, como dicen Eijkelhof y Kortland (1988), también hay una ciencia (ellos hablan sólo de física) del

consumidor y del ciudadano.

Desgraciadamente lo común en los estudios tradicionales de ciencia y tecnología es haberse quedado en la esfera de la pura abstracción, lejos de los intereses de la vida cotidiana. Lo que ha llevado en muchos casos a considerar que la ciencia y la tecnología no servían para nada práctico. Una vez aprendida y aprobada, por ejemplo, física en el bachillerato, podía olvidarse a menos que se siguiera una carrera de ciencias (y no en toda carrera de ciencias, por cierto). Cosa curiosa ésta que se haya pensado -y todavía lo hagan muchos estudiantes de bachillerato- que los elementos vertebradores de la cultura de fin de siglo, que son la ciencia y la tecnología, no sirven para nada práctico. Lo que no sirven -diría yo- son las explicaciones recibidas. La ciencia y la tecnología son nada más, ni nada menos, que las claves para comprender la sociedad de nuestros tiempos.

Pues bien, para dar debida cuenta no sólo de problemas relativos a la formación de científicos y tecnólogos, sino para educar en la ciencia del consumidor y en la ciencia del ciudadano, ya en los 70 y en los países más avanzados, empiezan a instituirse medidas de tipo educativo, muchas veces complementarias de medidas políticas (agencias de evaluación de impacto, de evaluación de tecnologías,...) y económicas (establecimientos de ecosistemas industriales,...). Esas medidas educativas se materializan en los llamados *Estudios de Ciencia, tecnología y Sociedad (CTS)*, a los que me he referido más arriba⁽¹²⁾.

Los Estudios CTS se pueden enseñar como una asignatura (o conjunto de asignaturas), o se puede enseñar ciencia y tecnología en perspectiva CTS. Lo primero corre el riesgo de trivializarse en países como, sin ir más lejos, España, donde no hay tradición de este tipo de estudios. Además, una asignatura de nuevo corte junto a las disciplinas científicas de corte tradicional, explicadas de la manera tradicional, puede ser un mero parche. Por eso, lo segundo parece lo más efectivo si, de veras, quiere cambiarse la actitud ante el medio: sólo mostrando desde un principio las interconexiones entre ciencia, tecnología y sociedad se conseguirá una visión exacta de cómo las primeras configuran la segunda y cómo esta a su vez construye las primeras.

BIBLIOGRAFÍA

Bijker, W., Pinch, T., eds.

1987 *The Social Construction of Facts and Artifacts*, Cambridge (Mass), The MIT Press.

Eijkelhofy, Kortland

1988 "Broadening the Aims of Physics Education", en Fenham, P.J., ed., *Development and Dilemmas in Science Education*, London, Falmer Press, 282-305 pp.

García, M., Pardo, R., eds.

1994 *Ecología relaciones industriales y empresa*, Bilbao, Fundación BBV.

Meadows, Donella H. et al.

1992 *Más allá de los límites del crecimiento*, Madrid, El País/Aguilar.

Petrella, R.

1994 "La primavera de la evaluación de tecnologías se extiende por Europa", en

Sanmartín,J., Hronsky,I.,eds., *Superando fronteras*,Barcelona,Anthropos.

Porter,Alan L., et al.

1980 *Guidebook for Technology Assessment and Impact Analysis*, New York/Oxford, North-Holland.

Sanmartín,J.

1990 y Medina,M.,eds., *Ciencia, Tecnología, Sociedad*, Barcelona, Anthropos.

1992 y Luján,L.,"Educación en ciencia tecnología y sociedad", en Sanmartín et al., eds., *Estudios sobre sociedad y tecnología*,Barcelona,Anthropos.

1992 et al.,eds., *Estudios sobre Sociedad y Tecnología*, Barcelona, Anthropos.

1994 y Hronszky,I.,eds. *Superando fronteras*, Barcelona, Anthropos.

1995 "Desarrollo sostenible, mejores tecnologías disponibles y nueva política ambiental europea", en *Sociedad, Ciencia y Tecnología* (Eusko Ikaskuntza), Nº 2.

Schot,Johan W.

1992 "Constructive Technology Assessment and Technology Dynamics: The Case of Clean Technologies", *Science, Technology and Human Values*, vol. 17:36-56.

Theroux,P.

1984 *La costa de los mosquitos*,Barcelona,Tusquets.

Winner,L.

1987 *La ballena y el reactor*,Barcelona,Gedisa.

NOTAS

(1) Bajo este título publicó Ortega un curso desarrollado en el año 1993 en la Universidad de Verano de Santander, que entonces fue inaugurada.

(2) Ciertamente hay tecnologías que tienen efectos medioambientales negativos. Pero mediante tecnologías puede eliminarse buena parte de los mismos, cuando no todos. "Los efectos negativos de una tecnología, otra mejor los resuelve", vienen a decir quienes esto sustentan.

(3) Por ejemplo, por qué no conviene (o si) comer alimentos irradiados, o exponerse a la luz solar sin protector ante los rayos UV.

(4) Al menos, éste es el caso de Los Países Bajos de los 70, a los que se refieren Eijkelhof y Kortland (1988), pero lo mismo puede decirse del Reino Unido y los EE.UU.(Sanmartín y Lujan, 1992)

(5) Citado a partir de Alan L. Porter et al.(1980).

(6) Porter habla del "Technological Delivery System". Creo que la palabra "configuración" es más apropiada que "producción" para el proceso que se trata de modelar.

(7) Hay un buen análisis (en perspectiva constructivista) de este nexo en Johan W. Schot (1992).

(8) Con un ejemplo muy simple, un test que permita identificar en fases muy tempranas de un embrión si está afectado, o no, por una enfermedad genética incurable (y de difícil curación hasta dentro de mucho tiempo) es un artefacto tecnológico que encierra en su propio diseño ya ciertas potencialidades que se actualizarán en la forma de impactos como los siguientes:

- ✦ éticos: los padres de un nasciturus que dé positivo al test se verán en una tesitura en la que recurrir, o no, a abortar se les planteará con seguridad;
- ✦ legales: ¿Quién debe tener acceso a la información genética? Hacer uso de la

información sobre el nasciturus para imponer alguna decisión a sus padres, ¿sería legal?

¿ económicos: ¿Será comercializable cualquier test genético? ¿No irá contra las leyes del mercado establecer restricciones a este respecto?

Hay muchísimos más impactos posibles. En otros lugares me he ocupado de estos problemas (Véase, en particular, José Sanmartín e Imre Hronszky,1994). Aquí sólo me interesa aducir este ejemplo para poner de manifiesto que atender la tecnología (y la ciencia que incorpora) es imprescindible para poder pronosticar tendencias de desarrollo e impactos previsibles en cada una de ellas. Así, si no se contempla la necesidad de legislar sobre la propiedad de la información genética, si todo el mundo puede conocer el perfil genético de cualquiera, es sencillo pronosticar que los tests de diagnóstico gónico se desarrollarán principalmente en la forma de instrumentos al servicio de las compañías de seguro para suscribir pólizas o de empresarios para conceder empleos, y puede que se desarrollen mucho menos como instrumentos para, simplemente, detectar enfermedades o propensiones, cuyo conocimiento se reserve al paciente y a su médico. Repito que aquí me basta con haber dejado claro que el diseño de un producto o proceso tecnológico encierra ya *compromisos* de desarrollo.

(9) Sobre la nueva política de instrumentos económico- fiscales para incentivar la adopción industrial de las mejores tecnologías disponibles (las menos contaminantes, las menos consumidores de energía y las que permiten mayor aprovechamiento de los residuos que producen), véase José Sanmartín (1995).

(10) Véanse Manuel Medina y José Sanmartín (1990); José Sanmartín (1992) y José Sanmartín e Imre Hronszky (1994).

(11) Esta metáfora se debe a L. Winner (1987).

(12) Sobre estos estudios el lector encontrará una guía paso-a-paso en Jose Sanmartín et al.(1994).

[Siguiente Capítulo](#)

[Regresar a Índice Obra](#)

[Formulario de suscripción gratuita a las Novedades del Programa CTS+I](#)

Sala de lectura CTS+I

Ciencia, tecnología, sociedad e innovación

Organización de Estados Iberoamericanos
Buscador | Mapa del sitio | Contactar
| Página inicial OEI |