

Las raíces de la controversia

Con José Luis Luján

Sobre la base de la discusión anterior, es ahora el momento de reflexionar sobre el carácter de las relaciones entre tecnología, naturaleza y sociedad. ¿Cuál es esa particular visión del papel de la intervención tecnológica sobre el mundo natural que hace posible el surgimiento de problemas como el del eucalipto? ¿Cuáles son los presupuestos de la mirada tecnológica de la naturaleza o la sociedad, y qué conceptualización alternativa está disponible? Es viable hablar de democratización en este ámbito? ¿Son incompatibles eficacia técnica y participación ciudadana en la transformación de la naturaleza y la sociedad?

Siguiendo contribuciones anteriores¹, en esta sección defenderemos una concepción amplia de la innovación tecnológica y la intervención ambiental como formas de organización social. Consideramos que esta nueva concepción proporciona una imagen más apropiada y, además, constituye una base adecuada para la defensa de una concepción de la evaluación de tecnologías e impacto ambiental que optimice estos instrumentos y haga posible una participación ciudadana activa. Para abreviar, en vez de innovación tecnológica e intervención ambiental, hablaremos simplemente de tecnología, pues en ambos casos se trata de aplicar conocimiento especializado para la transformación del entorno (natural o social) de acuerdo con unos objetivos dados y, con frecuencia, mediante el auxilio de ciertos medios materiales. Antes revisaremos críticamente algunas concepciones anacrónicas de la tecnología que, con su defensa de la autonomía y la neutralidad de la ciencia y la tecnología, han favorecido una determinada imagen de la dinámica de las tecnologías que sustenta, a su vez, un modelo tecnocrático de ordenamiento político.

VISIÓN TRADICIONAL DE LA TECNOLOGÍA

La visión tradicional de la tecnología es la de un cuerpo de conocimiento especializado que deriva de la aplicación de la ciencia y tiene como objetivo el diseño y desarrollo de artefactos, sean estos ordenadores, tejidos sintéticos o sistemas de transporte. De este modo, la tecnología puede identificarse con un conjunto de leyes y reglas prácticas que resu-

¹ Véase, en general, Gonzalez Garcia *et al.* (1994 y 1996).

men el saber hacer de las distintas ingenierías, o bien, alternativamente, con el conjunto de los artefactos o sistemas materiales elaborados a partir de dicho saber. Tenemos por tanto un modo intelectualista y un modo artefactual de entender tradicionalmente la tecnología. Si la primera acepción es más frecuente en diccionarios, enciclopedias y manuales; la segunda parece estar *mis* cercana al sentido común y la imagen popular de la tecnología. No se trata, en cualquier caso, de teorías bien articuladas acerca de la naturaleza de la tecnología, sino más bien de imágenes presentes en la divulgación científica y, con frecuencia, presupuestas implícitamente por un buen número de expertos y de gestores que utilizan los resultados de estos.

Entendida de un modo intelectualista o artefactual, esta visión tradicional de la tecnología traza una frontera clara entre los aspectos internos y los aspectos externos. Interno será todo aquello que tenga que ver con el correcto funcionamiento de un artefacto o un sistema técnico, por ejemplo la relación entre sus diversas piezas o componentes, una adecuada selección y elaboración de materiales o las normas para un uso correcto. De este modo, la tarea del ingeniero o del experto ser reproducir o mejorar artefactos dados atendiendo únicamente a un criterio de incremento de eficiencia. Tendrá éxito cuando satisfaga tal criterio, aplicando su conocimiento y habilidades profesionales para resolver aceptablemente un problema técnico. Es decir, cuando los puentes sean sólidos y funcionales o cuando los ordenadores sean rápidos y potentes.

En esta concepción tradicional, la tecnología, al igual que el conocimiento científico o los objetos materiales, se supone valorativamente neutral. Una afirmación acerca del mundo o un objeto mundano no es ni bueno ni malo, depende del uso que se haga del mismo en un determinado contexto. Es entonces natural considerar que, siendo la tecnología independiente de cualquier sistema sociopolítico o cultural, en principio cualquier tecnología puede ser transferida de un país a otro de igual manera que los objetos son igualmente atraídos por la gravedad en Gijón o en Buenos Aires. Las tecnologías son neutrales porque permanecen esencialmente bajo las mismas normas de eficiencia independientemente del contexto en el que se desarrollan o implantan².

En estrecha relación con esta concepción tradicional de la naturaleza de la tecnología se encuentra la imagen triunfalista de su evolución temporal. La tecnología, en esta visión, es una empresa acumulativa y progresiva de colonización del entorno natural. El concurso de la ciencia a través de los grandes hombres de la historia de la tecnología ha hecho posible superar las fronteras de la imaginación y mejorar espectacularmente nuestras condiciones de vida. La tecnología, de este modo, tiene una función clave en la realización material del progreso humano, que es expresada a través del clásico modelo lineal de innovación:

- ***Ciencia = + tecnología = + riqueza = + bienestar***

² Esta visión de la tecnología hunde sus raíces en siglos anteriores. Durante el siglo XVII, el término es progresivamente utilizado en lenguas vernáculas con un significado cada vez más cercano a la acepción intelectualista que recogen la mayoría de diccionarios actuales (vease, en general, Mitcham, 1994).

Ahora bien, se nos advierte en esta visión clásica del cambio tecnológico, al igual que la ciencia solo podrá contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad para buscar exclusivamente la verdad, que la tecnología pueda actuar de cadena transmisor en la mejora social solo será posible si se respeta la autonomía que rige su desarrollo en un estado óptimo (vease Maxwell, 1984). Así, deberíamos preservar la autonomía de la tecnología, una tecnología que atienda únicamente a ese criterio interno de incremento de eficiencia. En una extendida versión de este modelo, se entiende que, además, todo cambio social depende fundamentalmente del cambio tecnológico. Completar de este modo la tesis de la autonomía de la tecnología conduce a la llamada tesis del «determinismo tecnológico», un mensaje que es alimentado por esa visión de la inevitabilidad de la tecnología contenida en frases como «sociedad de la información».

Esta visión tradicional de la tecnología es defendida tanto desde posturas «tecnopessimistas», como la del filósofo francés Jacques Ellul, como desde el «tecnoptimismo» de quienes confían plenamente en ella para la solución de los problemas humanos —un mensaje muy común en el ámbito de la divulgación científica. En esta versión optimista, la tesis del determinismo tecnológico no ha sido independiente de la evolución de las políticas públicas al respecto, que tradicionalmente han adoptado el modelo lineal para promover la autonomía de la ciencia y la tecnología sobre la base de la supuesta integridad y productividad del sistema³. Se trata de las políticas de *laissez-faire* y cheque en blanco que se promueven en las naciones industrializadas después de la Segunda Guerra Mundial, siguiendo el modelo de Estados Unidos⁴. Parecía entonces suficiente con inyectar recursos públicos en un sistema teóricamente autorregulado en el que debía bloquearse toda interferencia externa sobre el rumbo u organización de la investigación básica, una investigación de la que en última instancia se consideraba que dependía el desarrollo tecnológico y la mejora social. Mas adelante, al abordar la cuestión de la evaluación, volveremos críticamente sobre este tema. Regresemos ahora a la concepción tradicional de la tecnología que subyace a este modelo.

LA CRÍTICA ACADÉMICA DE LA VISION TRADICIONAL

El cambio académico en la imagen de la tecnología es un proceso que comienza en los años 70 y que aun se halla en fase de intenso desarrollo. La clave se encuentra en presentar la tecnología, no como un proceso o actividad autónoma que sigue una lógica interna de desarrollo en su funcionamiento óptimo, sino como un proceso o producto inherentemente social donde los elementos no técnicos desempeñan un papel decisivo a la hora de explicar su cambio temporal y elaborar sus criterios de éxito o buen fun-

³ Véase, en general, Gonzalez Garcia *etal.* (1996: cap. 4).

⁴ Aunque, obviamente, bajo el escrutinio militar y la lógica disponibilidad de recursos en el contexto de la guerra fría.

cionamiento. En otras palabras, no pueden separarse con nitidez las cuestiones de hecho y las cuestiones de valor al analizar el cambio tecnológico, pues la tecnología no es una fuerza exógena que avance por su propia lógica interna sino una actividad humana que tiene lugar en contextos sociopolíticos dados. En este sentido, el desarrollo tecnológico no responde simplemente a las necesidades sociales, pues estas son creadas o interpretadas mediante ese mismo desarrollo.

Un autor representativo de esa nueva visión de la naturaleza de la tecnología es Arnold Pacey. De acuerdo con él, se puede hablar de dos definiciones de tecnología: una restringida y otra general (Pacey, 1986). En la primera solo se hace referencia al aspecto técnico (conocimiento, destreza y técnica, herramientas, máquinas o recursos), que coincidiría con la concepción tradicional en sus versiones intelectualista o artefactual. Por el contrario, la segunda definición incorpora, además de los rasgos ya mencionados, los aspectos organizativos (actividad económica e industrial, actividad profesional, usuarios y consumidores) y los aspectos culturales (objetivos, valores y códigos éticos, códigos de comportamiento)⁵. Los cambios técnicos pueden producir ajustes en los aspectos culturales y organizativos, del mismo modo que las innovaciones en la organización pueden conducir a cambios técnicos y culturales. Pacey insta a que el fenómeno tecnológico sea estudiado, analizado, valorado y gestionado en su conjunto, esto es, como una práctica social, y a hacer explícitos los valores culturales a ella subyacentes.

¿Pero en qué sentido puede una tecnología tener rasgos organizativos y culturales? ¿En qué sentido puede la actividad tecnológica ser inherentemente social? En al menos dos sentidos, dependiendo de si consideramos el producto de ese desarrollo, y vemos cómo su uso o su propia estructura son un reflejo de los factores sociales que configuran su cambio temporal, o de si consideramos el proceso mismo de desarrollo tecnológico, y señalamos la relevancia que en este tienen los factores sociales. Veremos a través de algunos ejemplos clásicos esas nuevas visiones de la tecnología como producto social y como proceso social.

La tecnología como producto social

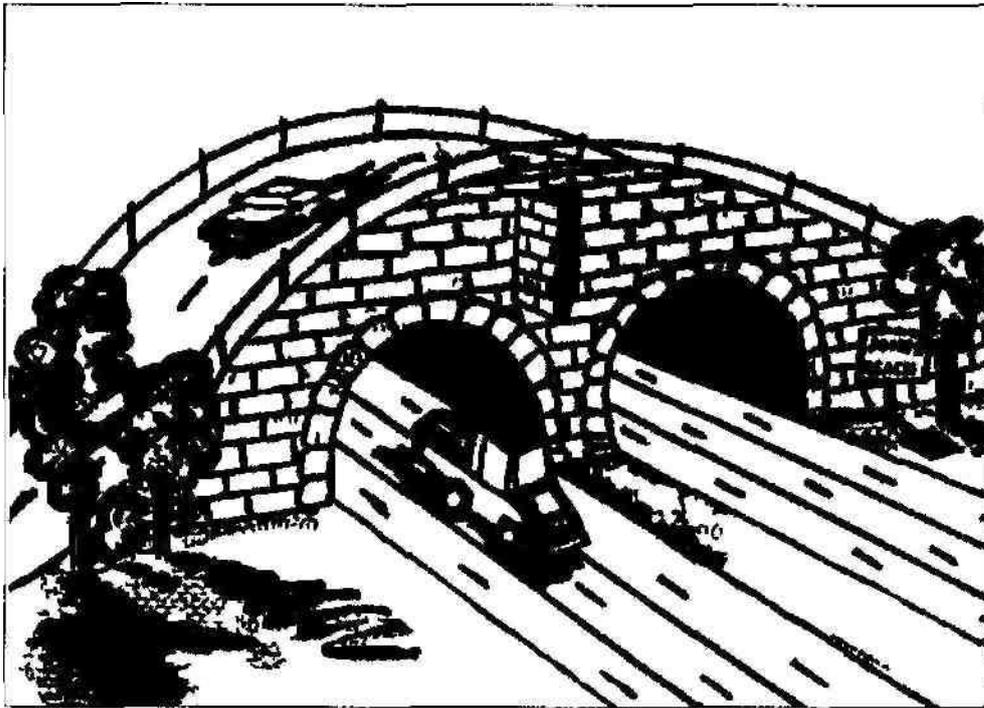
Un autor destacado en el estudio de la tecnología como producto social es Langdon Winner. El eslogan popularizado por este autor es bien simple: «Hacer tecnología es hacer política. Su ejemplo más conocido es el de los puentes de Long Island (Winner, 1986).

Un artefacto tan aparentemente inocuo como un puente puede tener una carga política. Muchos de los puentes sobre los paseos de Long Island son notablemente bajos, con apenas tres metros de altura. Robert Moses, arquitecto de Nueva York responsable

⁵ En su obra posterior (Pacey, 1999), este autor añade una nueva dimensión: la experiencia personal

con artefactos y sistemas tecnológicos.

de esos puentes, así como de otros muchos parques y carreteras neoyorquinas desde 1920, tenía un claro propósito al diseñar los doscientos pasos elevados de los paseos de Long Island. Se trataba de reservar los paseos y playas de la zona a blancos acomodados poseedores de automóviles, así como a los pudientes habitantes de la zona que Francis Scott Fitzgerald describe en *El Gran Gatsby* (1925). Los autobuses que podían transportar a negros y pobres de Manhattan, con sus cuatro metros de altura, sencillamente no podían llegar a la zona *mis* que a lo largo de interminables y descorazonadoras carreteras locales, lo cual obviamente se veía reflejado en el precio de los billetes. El propio Moses se encargó de introducir legislación en el sentido de requerir permisos, difíciles de conseguir, para que los «autobuses y otros vehículos comerciales» pudieran acceder a playas y parques de la zona. Más adelante, Moses llegó incluso a vetar una propuesta de extensión del ferrocarril de Long Island hasta su mimada Jones Beach (Caro, 1974; Winner, 1986). Los puentes, con todo, fueron su obra maestra. Como él mismo reconoció: puedes cambiar la legislación (como la que requería permisos a autobuses) pero no puedes cambiar un puente una vez que está en pie (Caro, 1974: 952). Moses, también llamado el «Conde Drácula» de la planificación urbana, constituye un buen ejemplo de uso del urbanismo como arma social (Epstein, 1995), de cómo un puente puede estar construido con valores además de ladrillos y cemento.



Puentes de Long Island. Dibujo de Rafa Canteli.

Una simple reflexión sobre el diseño de nuestros hogares, nuestros lugares de trabajo, nuestras ciudades o nuestras redes de transportes nos proporcionara gran cantidad de ejemplos adicionales de cómo los valores modelan los sistemas tecnológicos con los que convivimos a diario. Uno de estos ejemplos ya fue señalado por algunas feministas en el siglo XIX como Charlotte Perkins Gilman o Melusina Fay Pierce: denunciaron que la concepción del hogar unifamiliar (con dependencias para el descanso, el ocio, el aseo y la comida) contribuía al aislamiento y explotación de las mujeres condenadas a las tediosas, repetitivas e interminables labores domésticas. En su lugar, proponían la socialización del trabajo doméstico mediante una transformación radical de casas y ciudades. Los nuevos barrios estarían constituidos por hogares familiares sin cocina; esta tarea, junto al cuidado de los niños o la colada, se realizarla cooperativamente o mediante un servicio doméstico profesionalizado en instalaciones colectivas (Wajcman, 1990: cap. 4 y 5).

Ahora bien, las tecnologías no solo pueden constituir política por el uso que se haga de ellas (por ejemplo construyendo puentes de una determinada altura o casas que favorezcan cierto tipo de organización familiar), sino que algunos casos pueden serlo por sus propios rasgos estructurales (es decir, sin una gama de alturas o diseños para elegir). Algunas tecnologías son inherentemente políticas; es decir, son, en determinadas circunstancias sociales, más compatibles con modelos particulares de autoridad y poder. Basar, por ejemplo, el suministro energético de un país en la energía nuclear es también, entre otras cosas, crear una estructura altamente centralizada y jerarquizada que gestione tan preciado y peligroso bien. Supone reforzar determinada concepción antidemocrática sobre la estructura y distribución del poder (Winner, 1986). Puede o no ser necesaria la producción de energía nuclear en un país dado (las necesidades, por otra parte, también dependen de valores y presupuestos), pero lo que desde luego está claro es que la discusión no concierne solamente a cuestiones técnicas y de seguridad. No es casual que en las antípodas políticas encontremos la producción de energías alternativas (véase Dickson, 1973). Podemos centralizar o descentralizar la producción de energía solar o eólica pero, según algunos autores argumentan, no tenemos más que una opción con la energía nuclear. Análogamente, es una locura intentar gobernar demacráticamente un avión, aunque este es solo uno entre otros medios diversos de desplazamiento con diferentes opciones organizativas.

La tecnología, entonces, lejos de ser neutral, responde a los valores de nuestra sociedad, refleja y constituye una determinada forma de vida (Winner, 1986). La robotización de una fábrica no solamente concierne al posible aumento de la productividad, sino que redefine el significado de «trabajo» en ese contexto laboral. De un modo similar, la introducción de una nueva técnica o instrumento en la práctica médica (como el estetoscopio o los rayos X), no solo cambia la actividad médica, sino que puede transformar el modo en que la gente concibe cosas como la salud, la enfermedad o la atención médica (véase Reiser, 1978). Con más razón en el caso de tecnologías sociales como programas educativos o el propio sistema impositivo..

Hacer tecnología, en suma, es hacer política y, puesto que la política es un asunto de interés general, en una sociedad democrática deberíamos tener la oportunidad de

decidir qué tipo de tecnología deseamos, por ejemplo qué uso deseamos para playas o paseos y qué distribución de poder y de riesgos es admisible en la producción de energía. Es un tema que abordaremos en el siguiente capítulo.

La tecnología como proceso social

Una orientación reciente donde se ha estudiado fructíferamente la tecnología como proceso social es el llamado «constructivismo social» de autores como Wiebe Bijker y Trevor Pinch. En un artículo seminal de 1984⁴, estos autores presentan un caso de estudio que ha llegado a ser paradigmático en sociología de la tecnología: el desarrollo de la bicicleta.

Este sencillo artefacto ejemplifica la naturaleza social del desarrollo tecnológico, un desarrollo donde la eficacia y el éxito no están definidos de antemano sino que son el resultado de procesos de interacción social. El sentido común, profundamente influido por la concepción tradicional de la tecnología, nos dice que la historia de la bicicleta es una historia lineal o cuasilineal de mejora continua, desde la clásicas bicicletas deci-monónicas con una exagerada rueda delantera, sin cámara de aire y tracción delantera directa hasta las versiones rudimentarias de la bicicleta actual, con ruedas del mismo tamaño, cámara de aire y tracción trasera a través de cadena.

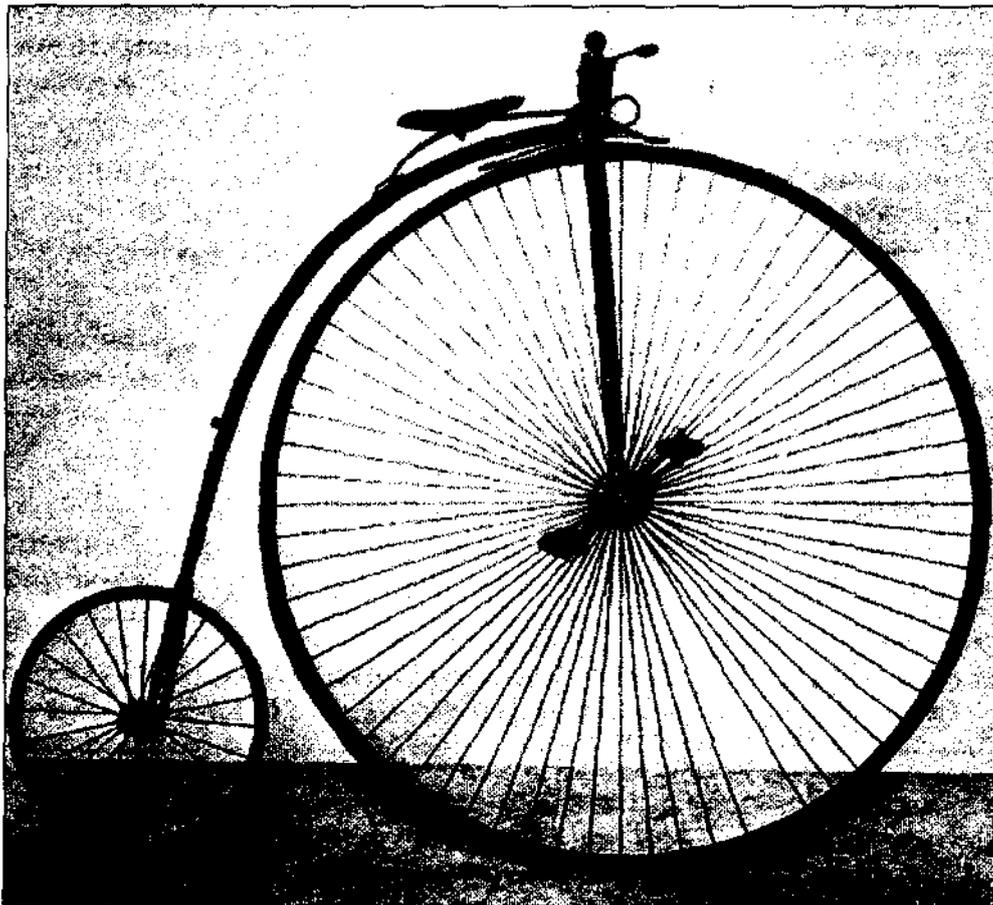
Es decir, se trata de una historia continua y lineal de mejora acumulativa, aunque cuente con algunos diseños alternativos que acabaron en fracaso. Pero, a pesar de esos callejones sin salida, los protagonistas de esa historia consiguieron discernir con claridad las mejoras en diseño y construcción. Para ello —continúa esta visión clásica— se limitaron a aplicar el criterio de eficacia técnica, eficacia en satisfacer la demanda social de un medio de transporte sencillo, económico y seguro.

Sin embargo, como ejemplifican Bijker y Pinch (1987), esta historia es una ficción, una reconstrucción retrospectiva a partir de un diseño que finalmente tuvo éxito en un proceso de negociación social y terminó por consolidarse, encerrando su propia historia contingente en una caja negra. Que¹ significaba un diseño mas eficaz, que² representaba una autentica necesidad social o en que³ consistía una buena bicicleta eran, sin embargo, algunas de las cosas que estaban en juego en ese proceso de negociación social, un proceso que tiene lugar en el ultimo cuarto del siglo *xx* y que implica a una serie de grupos sociales que tratan de hacer valer su propia visión del problema. Entre estos grupos encontramos algunos nítidamente definidos, como los ingenieros y fabricantes de bicicletas, y otros más difusos, como los deportistas de la bicicleta, los anticiclistas o las mujeres ciclistas. Lo importante es que cada grupo representa una particular versión de qué sea una buena bicicleta, en función de sus intereses y de sus necesidades. Para los jóvenes de buena sociedad que usaban la bicicleta para pavonearse en Hyde Park o

⁴ Actualizado en (1987). y ampliado por Bijker en (1995).

los Campos Elíseos, las ruedas asimétricas eran el desarrollo correcto, y cuanto mas grande la anterior, mas velocidad y riesgo, tanto mejor. Para las sufragistas decimonónicas que veían en la bicicleta una forma de escape, no tanto un medio para llegar a algún lado sino un medio para liberarse de la esclavitud del hogar y de la vestimenta tradicional, la evolución natural de la bicicleta debía ser hacia la seguridad y la disminución del diámetro de la rueda anterior. La bicicleta actual no es mas que el resultado contingente de ese proceso de negociación social entre actores o grupos sociales.

Por ejemplo, un elemento técnico tan sencillo como la cámara de aire no constituía claramente una mejora para todos los actores involucrados. Para las mujeres o los usuarios de mayor edad *si* era una mejora, pues implicaba una disminución de las vibraciones. Como obviamente lo era para Dunlop y otros fabricantes de cámaras. Sin embargo, no era tal mejora para, por ejemplo, los deportistas pues, además de no reconocer la



Bicicleta «Ordinaria» (1878). Tomada de: Bijker *et al.* (1987: 30).

Las raíces de la controversia 105

vibración como problema en absoluto, en un principio consideraban mas rápidas las llantas sólidas (mas tarde cambiaron de opinión, con la introducción en las competiciones de bicicletas con cámara). Y de ningún modo era una buena innovación para los ingenieros, que consideraban la cámara como un añadido engorroso que podía ser sustituido por innovaciones mas simples y apropiadas, como sistemas de muelles. Cada grupo adscripta, entonces, un significado diferente a la cámara, y entendía de un modo distinto la palabra «eficacia» o «buena bicicleta». Otro tanto podríamos decir del numero y disposición de las ruedas (recordemos los triciclos, por entonces con defensores tan influyentes como la Reina Victoria), de las ruedas asimétricas, del sistema de frenado, de la localización y diseño del sillín, del sistema de tracción, etcétera, etcétera.

De este modo, el desarrollo tecnológico, en esta concepción, no es un proceso lineal de acumulación de mejoras, sino un proceso cuasievolutivo de variación y selección⁷. Los problemas técnicos no constituyen hechos sólidos como rocas, sino que disponen de cierta flexibilidad interpretativa. En un determinado contexto histórico y cultural, distintos actores sociales con diferentes intereses y valores verán un problema de formas alternativas, proponiendo distintas soluciones sobre la base de esos intereses y valores. A continuación, los

actores, como en cualquier proceso de negociación política, despliegan sus mejores armas en el ejercicio de la persuasión y del poder, intentando alinear a los competidores con sus propios intereses y, de este modo, clausurar la flexibilidad interpretativa del problema original (son los llamados «mecanismos de clausura»). Como resultado de la interacción entre los distintos actores se produce la clausura y selección final de un determinado diseño. El siguiente paso en la modificación temporal de este diseño reproducirá un nuevo ciclo en dicho esquema de variación y selección. El éxito, en conclusión, no explica por qué tenemos la tecnología que tenemos, puesto que hay distintas formas de entender el éxito y, por consiguiente, debemos hablar de poder y negociación a la hora de explicar qué tecnología vamos a desarrollar y qué problemas tratamos de resolver mediante la misma.

Por tanto, la tecnología, ya sea entendida como producto o como proceso, no es ni políticamente neutral ni socialmente descontextualizada. No depende, en su funcionamiento óptimo, de aplicar mecánicamente algún tipo de criterio absoluto de eficiencia técnica, puesto que el buen funcionamiento y el éxito es, en buena medida, el producto de un proceso social que, en esa misma medida, contiene una carga política.

La tecnología como práctica social

Las nuevas perspectivas abiertas por los estudios sociales sobre la innovación tecnológica y la intervención ambiental se reflejan entonces en una reconceptualización de la

¹ «Cuasievolutivo» porque, a diferencia de la evolución biológica, la producción de variación no es ciega. Véase mis adelante.

noción de tecnología. Como hemos visto, el elemento básico de la concepción tradicional de la tecnología era su dimensión cognitiva e instrumental; mientras que en la actualidad el énfasis en la definición tiende a ponerse más en los aspectos organizativos y culturales de los artefactos o sistema tecnológicos, es decir, en aquellos aspectos que resultan de la interacción entre o con agentes humanos.

Diferentes autores, además de los mencionados más arriba, han enfatizado los aspectos sociales de las tecnologías y ensayado una caracterización de estas como formas de organización social (*e.g.* Wynne, 1983; Schienstock, 1994). Frente a la tradicional imagen de la tecnología como un conjunto de artefactos (que involucran accidentalmente agentes y procesos sociales), tiende a defenderse en estas concepciones una nueva imagen de la tecnología como un conjunto de prácticas sociales o formas de organización (que implican característicamente la producción y uso de artefactos, así como la gestión de recursos). De este modo, la lógica interna de los artefactos es sustituida, como factor primario distintivo de las tecnologías, por el modo en que involucran la interacción de distintos agentes y procesos sociales. En la terminología de Pacey (1986), se priman los aspectos organizativos y culturales sobre los aspectos técnicos a la hora de dar cuenta del fenómeno «tecnología». Parece así ganar terreno una nueva visión de la tecnología como conjunto de prácticas sociales orientadas a la transformación del medio natural o social sobre la base del uso de conocimiento especializado y de acuerdo con objetivos dados; prácticas que suelen involucrar la gestión de diferentes tipos de recursos y el uso o producción de artefactos (aunque no sea este un elemento crucial en el caso de tecnologías sociales de, por ejemplo, carácter educativo o laboral)⁸.

En el contexto de este nuevo modo de entender la naturaleza de la tecnología, es útil hacer uso del término «sociosistema»⁹. Las tecnologías, en tanto que prácticas sociales que involucran característicamente el uso de artefactos o ciertos modos de gestión de recursos, se integran en sociosistemas más amplios en los que establecen vínculos de interdependencia funcional con otras tecnologías y diversas clases de parámetros socio-económicos y culturales. El reajuste general del sociosistema, derivado de la introducción con éxito de una nueva tecnología, sería lo que podemos entender como atrinchera-miento tecnológico (de la tecnología en cuestión). (Gonzalez Garcia *et al*, 1994 y 1996).

En esta línea, el concepto biológico de «ecosistema» puede, por análoga, enriquecer nuestra comprensión del cambio tecnológico. Es bien conocido el delicado equilibrio que caracteriza a los distintos ecosistemas que, más o menos estables, más o menos libres de intervención humana, pueden encontrarse en el medio natural. La introducción de una nueva especie animal o vegetal puede provocar una situación de inestabilidad

⁸ La intervención ambiental, en particular, no puede restringirse a sus aspectos técnicos obviando sus aspectos organizativos y culturales. La estrecha interrelación entre el medio ambiente y las formas de vida social favorece también una concepción de los programas de intervención ambiental como modelos de práctica social.

⁹ Véase González García *et al* (1994), así como Wynne (1983).

que, en determinadas ocasiones, es capaz de alterar de forma definitiva el ecosistema y producir un cambio irreversible.

La situación más familiar para nosotros es la de los ecosistemas profundamente transformados por medio de tecnologías agrícolas o industriales. El cultivo de arroz en zonas húmedas del Mediterráneo español coexiste con flamencos, anguilas y una diversidad animal y vegetal más o menos ajustada a la intervención humana regular sobre el sistema. Las dehesas de la parte central de la península Ibérica constituyen pastizales seminaturales en zonas deforestadas por talas, siegas, incendios y explotación, donde el pastoreo controlado mantiene el equilibrio entre las especies vegetales¹⁰. Asimismo, en el norte de España, el uso humano de una parte considerable de la superficie, para praderías y ganado vacuno, se sostiene en delicado equilibrio con lobos, corzos, buitres y otras especies. Cuando se introducen en estos «socioecosistemas» especies exóticas (como el eucalipto en el norte de España) o usos agrícolas extraños (como agresivos pesticidas), el resultado puede ser su degradación y eventual colapso, tanto con respecto a las especies animales y vegetales presentes como en lo que se refiere a la viabilidad económica de su uso futuro. No pueden injertarse elementos extraños para optimizar el rendimiento económico sin tener en cuenta el delicado equilibrio que permite la continuidad del sistema.

Pese a esto, sigue concibiéndose la naturaleza, aun intervenida por la agricultura, como un almacén de recursos en el que vale cualquier forma de mejorar económica-mente su explotación. Y, como en el caso de la expansión del eucalipto en el medio rural asturiano, enfatizar las consideraciones económicas y los beneficios a corto plazo puede acabar en un deterioro serio de la fauna y flora, de la calidad del suelo, e incluso en irreversibles transformaciones socioeconómicas aparentemente sin conexión.

El problema es similar en la transferencia de tecnologías a sociosistemas extraños, en los que pueden producir más perturbación social y económica que mejora de la calidad de vida. La innovación tecnológica y la intervención ambiental ignoran a menudo las características del sociosistema en el que van a integrarse. El trabajo de los expertos suele realizarse, en tales casos, sobre «sistemas ideales» más que sobre «socioecosistemas reales»: no es infrecuente que estén básicamente fundamentados en el uso de revistas especializadas y estudios de laboratorio, donde los problemas se convierten en cuestiones técnicamente manejables a través de procesos de abstracción, cuantificación, estandarización, etc., en los que se generan modelos de representación y escenarios de actuación tecnológica o ambiental que con frecuencia omiten información relevante del «mundo real». A pesar de todo, el conocimiento popular local, derivado de la familiaridad que los habitantes «no expertos» tienen con los sociosistemas que habitan, sigue siendo despreciado en la evaluación de tecnologías e impacto ambiental.

El tema, sin embargo, es necesario entenderlo de un modo más amplio. Cultural-mente, nuestra sociedad tiende a considerar las innovaciones como socialmente benefi-

¹⁰ Véase Puerto (1997).

ciosas (se financian en parte con fondos públicos y se protegen mediante patentes). Los actores sociales utilizan la innovación para romper el equilibrio del ecosistema en su propio favor. La innovación tecnológica (o la intervención ambiental) se convierte así en un arma del conflicto social que conduce a la transformación del ecosistema. Sin embargo, los ecosistemas no siempre disponen de mecanismos efectivos para controlar estas variaciones que se producen en ellos, como las resultantes de potenciar tecnologías concretas que, aun contribuyendo positivamente a determinado sector productivo, pueden tener graves efectos sobre otros sectores o el ambiente. De este modo, la eventual implantación de tales mecanismos de control depende de abandonar previamente la concepción atomística y artefactual de la tecnología que subyace al modelo lineal de innovación; y el problema de la democratización de las políticas de ciencia y tecnología se convierte en parte de un problema más general concerniente a los procesos de cambio social. La pregunta, ahora, por los criterios más justos y democráticos para orientar el cambio social, remite al próximo capítulo.

El concepto de ecosistema, en conclusión, parece introducir una terminología útil que favorece una nueva visión de la naturaleza de la tecnología y su papel en la sociedad (*i.e.* las tecnologías como elementos estructurales de ecosistemas), permitiendo describir críticamente procesos como el de la transferencia de tecnologías y el atrincheramiento tecnológico. Adicionalmente, el paralelismo entre ecosistemas y ecosistemas permite fundamentar mejor el uso de un marco único de análisis para los problemas de gestión de la innovación tecnológica y la intervención ambiental, en política científico-tecnológica y política ambiental¹¹.

La evaluación de tecnologías reconsiderada

El progresivo deterioro del medio natural por efecto del desarrollo tecnológico e industrial, y los impactos negativos para la salud de consecuencias inadvertidas de tal desarrollo, ha centrado la atención de los gobiernos y los agentes sociales en la necesidad de una mejor regulación. El testimonio más evidente de esta sensibilización gubernamental y académica sobre las dimensiones sociales y naturales del cambio tecnológico es, por un lado, el desarrollo del movimiento de evaluación de tecnologías e impacto ambiental desde los años 60, y, por otro lado, la institucionalización administrativa de ese movimiento con la creación de oficinas de evaluación de riesgo y tecnologías desde los años 70. Otro ámbito importante de innovación en las políticas públicas sobre ciencia y tecnología, con la consolidación y extensión de la democracia en todo el mundo,

¹¹ Con todo, el concepto de ecosistema, por sí solo, y la analoga sobre la que se apoya su uso, no proporciona obviamente una nueva teoría de la innovación tecnológica y la intervención ambiental bien articulada. Aunque, desde luego, sí invita a reconsiderar la práctica de la evaluación de tecnologías e impacto ambiental, así como a plantear claros desafíos para integrar dicha práctica en una sociedad democrática.

concierno a la gestión de las mismas y la apertura de los procedimientos de toma de decisiones al escrutinio social y la participación ciudadana.

En lo que sigue, veremos brevemente el modelo clásico de evaluación de tecnologías junto con la implantación institucional del mismo en sus orígenes. A continuación nos detendremos en las propuestas y experiencias de mejora de ese modelo sobre la base de la investigación académica en los estudios CTS, prestando particular atención al modelo de la evaluación constructiva de tecnologías. Terminaremos presentando, en el siguiente capítulo, algunas nuevas iniciativas y experiencias de participación pública en el ámbito de la regulación de la innovación tecnológica e intervención ambiental.

Evaluación de tecnologías e impacto ambiental

En 1966, el Subcomité del Congreso de EE.UU. sobre Ciencia, Investigación y Desarrollo hizo público su informe sobre los efectos colaterales de la innovación tecnológica, sugiriendo la creación de algún sistema de alarma temprana que identificara con antelación los efectos positivos y negativos de la implantación de tecnologías. En 1969, se crea la *Environmental Protection Agency* (EPA) con la misión de realizar evaluaciones de impacto ambiental de los proyectos tecnológicos en los que estuviese comprometido el Gobierno federal. La *Occupational Safety and Health Administration* (OSHA), fundada en 1970, tenía el cometido de analizar y evaluar los diferentes tipos de impactos de las tecnologías en los lugares de trabajo. Son iniciativas pioneras de corrección de las políticas clásicas sobre ciencia y tecnología, basadas en el modelo lineal de innovación. A su vez, la creación en 1975 de la *Nuclear Regulatory Commission* (NRC), como una agencia separada de la *Atomic Energy Commission* (AEC), fue un modo de separar las funciones de regulación de la energía nuclear de las de su promoción.

La preocupación por estos temas no fue exclusiva del poder ejecutivo, también el Congreso estadounidense pretendió disponer de información fiable sobre los impactos sociales de las nuevas tecnologías a través de la creación de la *Office of Technology Assessment* (OTA) en 1972. Aunque fue disuelta a mediados de los 90¹², la OTA ha marcado la pauta internacional respecto a evaluación de tecnologías (Petrella, 1994). De acuerdo con su Acta fundacional, su función era la de «proporcionar indicadores tempranos de los beneficios probables e impactos adversos de las aplicaciones de la tecnología». No tenía por tanto una función adjudicataria ni de control, sino únicamente de asesoramiento y anticipación de impactos, con el propósito de capacitar a los legisladores para la toma de decisiones en materia de ciencia y tecnología¹³.

¹² Como resultado de cambios presupuestarios y políticos promovidos por la nueva mayoría republicana del Congreso.

¹³ La OTA estaba formada por un panel de 12 miembros (6 congresistas y 6 senadores), además de su director, asistidos por un equipo de unos 150 especialistas. Los informes, estudios y testimonios elaborados por la OTA se remitían finalmente al Congreso que, sobre la base de esta información, trataba de identificar opciones políticas alternativas y anticipar desarrollos de importancia (González García *et al.*, 1996).

La evaluación de tecnologías quedó configurada, en este primer momento, principalmente como un análisis de impactos y riesgos sociales, con el objetivo último de tratar de reducir los efectos negativos y optimizar sus efectos positivos, contribuyendo así a la aceptación pública de las tecnologías¹⁴. Por su parte, debemos entender la evaluación o análisis de impacto ambiental como una clase de aplicación de las técnicas de evaluación de tecnologías, normalmente al estudio de las consecuencias ambientales de la implantación de un proyecto o tecnología en un contexto regional y a corto o medio plazo (véase Shrader-Frechette, 1985^a: cap. I)¹⁵. Los proyectos de repoblación forestal son, por ejemplo, objeto de evaluación de impacto ambiental (véase el capítulo 4).

La idea general subyacente era que estos impactos y riesgos tecnológicos o ambientales podían determinarse de modo objetivo e inequívoco. La labor de agencias como la OTA ha servido para normalizar la discusión política en torno a la tecnología (y también en parte a la ciencia), algo totalmente impensable durante las dos décadas siguientes a la finalización de la Segunda Guerra Mundial. La evaluación de tecnologías y la OTA fue un primer paso, pero el cambio de sensibilidad social respecto de la ciencia y de la tecnología ha ido más allá.

El concepto mismo de evaluación de tecnologías ha ido mudando sobre la base de demandas sociales y de análisis académicos. Revisemos primero el punto de partida de ese cambio en el instrumento evaluativo. De acuerdo con la clásica contribución de Jones (1971), el procedimiento para realizar una evaluación de tecnologías consiste en las siguientes fases:

- (a) Definir la labor de evaluación.
- (b) Describir los aspectos tecnológicos relevantes incluyendo una previsión de los posibles desarrollos futuros.
- (c) Estudiar los factores no tecnológicos que probablemente influirán en el desarrollo de la tecnología.
- (d) Identificar las áreas de impacto (económicas, políticas, institucionales, sociales, tecnológicas, legales y ambientales).
- (e) Llevar a cabo un análisis de efectos o impactos de carácter preliminar.
- (f) Identificar posibles alternativas de acción.
- (g) Llevar a cabo un análisis completo del impacto [volver sobre el paso (e) a la luz de los resultados del paso (f)].

Este modelo propuesto por Jones se convirtió en su momento en la metodología básica para la evaluación de tecnologías. Como puede observarse, excepto en el paso © no se hace prácticamente referencia al proceso de desarrollo de la tecnología, mientras que se

¹⁴ Sobre evaluación de tecnologías, véanse, entre otros, Porter *et al.* (1980), Shrader-Frechette (1985^a), Smits y Leyten (1988), Sanmartín y Orf (1992), Rip *et al.* (1995) o Muñoz-Alonso (1997).

¹⁵ De hecho, el análisis de impacto ambiental sirve en un primer momento como modelo para la evaluación de tecnologías.

enfatisa todo lo relativo* a los impactos de los productos tecnológicos. En este modelo clásico, también hay que señalar el uso habitual por parte de los evaluadores del análisis de coste-beneficio en la valoración de los efectos tecnológicos (Smits, 1990)¹⁶. Esta orientación hacia los impactos cuantificables (*Le. monetarizables*) simplificaba muchísimo la labor evaluativa, pero también la hacía insensible a otro tipo de valoraciones cualitativas y planteaba el problema de la externalidades, es decir, de los impactos (sobre la calidad del entorno, la salud de los trabajadores, etc.) que no forman parte de los sistemas contables.

La concepción de la evaluación de tecnologías de los años 70 también daba por supuesto el carácter automático de la traducción política de los resultados de la evaluación. Una vez determinado el balance entre impactos negativos y positivos, y analizados los posibles riesgos, quedaba clara cuál debía ser la acción política a seguir de acuerdo con los objetivos previamente prefijados. De hecho, Etnilio Q. Daddario, primer director de la OTA, definió la evaluación de tecnologías como una forma de investigación con el objetivo de «proporcionar conocimiento para la acción pública, un método de análisis para valorar sistemáticamente la naturaleza, el significado, el estado y los méritos de un programa tecnológico, y un sistema para plantear las preguntas pertinentes y obtener las respuestas correctas y oportunas». Posteriormente, Joseph Coates afirmaba que esta propuesta no tendría mucho éxito debido a su inclinación por «buscar» respuestas correctas; en la labor evaluativa el énfasis debería ponerse, más bien, en el análisis de las consecuencias alternativas (Carpenter, 1977).

Las grandes pretensiones de la OTA no se han cumplido. La evaluación de tecnologías se ha circunscrito principalmente a la elaboración de informes que han llegado a tener poco significado político. Con el paso del tiempo se ha evidenciado la insuficiencia del enfoque originario de la evaluación de tecnologías y se han sentado las bases para el desarrollo de concepciones alternativas. Veamos una de estas propuestas alternativas, la llamada evaluación constructiva de tecnologías, basada en los recientes estudios CTS sobre la dimensión social de la ciencia y la tecnología.

Evaluación constructiva de tecnologías

En 1987, un nuevo concepto de evaluación de tecnologías fue formulado con motivo del Primer Congreso Europeo sobre *Technology Assessment*, celebrado en Amsterdam por iniciativa del Departamento de Política Científica del Ministerio de Educación y Ciencia de los Países Bajos, la Agenda Neerlandesa de Evaluación de Tecnologías (NOTA)¹⁷

¹⁴El análisis coste-beneficio, con o sin estimación de riesgos probables en tanto que costes, es la técnica más usada en evaluación de tecnologías y de impacto ambiental, tanto en la empresa privada como en el ámbito de la administración pública. El fin de dicho análisis es determinar si el balance beneficio/coste es o no favorable a un determinado proyecto. Sobre tal base, empresarios y administradores toman decisiones sobre localización de recursos.

¹⁷Hoy el semiestatal *Rathenau Instituut*.

y el Programa FAST de la Dirección General XII de la Comunidad Europea (Smits y Leyten, 1988). Las principales diferencias respecto al concepto tradicional se recogen en el siguiente cuadro.

Diferencias entre los conceptos tradicional y nuevo de evaluación de tecnologías	
<i>Concepto tradicional</i>	<i>Nuevo concepto</i>
La ciencia posee un papel dominante.	Investigadores y usuarios tienen un papel similar.
Grandes expectativas en relación con la investigación	Modestas expectativas.
El resultado de la evaluación es un informe.	El resultado de la evaluación es un informe junto con el debate de los resultados.
Se presta poca atención a la definición del problema.	Se presta gran atención a la definición del problema.
Una Oficina de Evaluación tecnológica.	Diferentes modos de organizar la evaluación.
Se hace un uso instrumental de la información en un proceso de decisión racional.	Se hace un uso conceptual de la información en un proceso dominado por consideraciones políticas.
Los resultados de la evaluación se incorporan automáticamente al proceso de toma de decisiones.	Se presta atención a la armonización entre los resultados de la evaluación y la toma de decisiones.
La tecnología es un proceso autónomo.	La tecnología es fruto de la actividad humana.

Adaptado de Smits y Leyten (1988).

En este congreso, de hecho, se perfiló lo que hoy se conoce como «evaluación constructiva de tecnologías» (Rip y Belt, 1988; Smits, 1990). De acuerdo con esta nueva elaboración teórica, la evaluación de tecnologías no debería ocuparse exclusivamente de los aspectos externos (impactos directos e indirectos) sino, fundamentalmente, del desarrollo interno considerado como un proceso continuo en el que se generan elecciones condicionadas por factores sociales, económicos, técnicos, científicos o políticos (Schot, 1992). La evaluación de tecnologías cumple esencialmente la función de facilitar la toma de decisiones respecto de las nuevas posibilidades tecnoindustriales. La idea subyacente es, pues, que las sociedades contemporáneas pueden controlar, en cierto grado, el ritmo y la dirección del cambio tecnológico, especialmente al actuar sobre tecnologías emergentes más que sobre trayectorias tecnológicas consolidadas (Lujan y Moreno, 1996).

Las diferencias entre la evaluación clásica y la constructiva son muy llamativas. El modelo clásico concibe las trayectorias tecnológicas como hechos objetivos, donde la evaluación debe aplicar el conocimiento científico para descubrir impactos negativos directos o indirectos de diverso orden, de modo que el gestor o el político pueda disponer los necesarios ajustes técnicos o legales. Por el contrario, en la evaluación constructiva se trata de una transformación completa: proponer cambios legales, técnicos u organizativos, basados en el asesoramiento científico y otras fuentes de información relevante, para anticipar y prevenir los impactos negativos (Wynne, 1995).

Es importante, en la evaluación constructiva, el intento de maximizar las posibilidades de control actuando sobre tecnologías no atrincheradas. La evaluación es así entendida como una interposición entre los procesos de innovación y la evaluación clásica de impactos, como una intervención correctiva sobre tecnologías emergentes que trata de modificar el ambiente social de selección de las mismas con el fin de modular su evolución y la gama y tipo de sus impactos. Al actuar de «puente» entre los procesos de innovación y la evaluación clásica, este modelo también pretende reconectar los ámbitos de la promoción y la regulación, típicamente asignados a distintas agendas o departamentos en las administraciones públicas. Este enfoque de la evaluación constructiva ha tenido además una notable consolidación institucional en la NOTA, donde se ha aplicado con éxito este modelo a proyectos sobre tecnologías limpias, telecomunicaciones, biotecnología, transporte y otros.

En la evaluación constructiva de tecnologías, los riesgos e impactos se contextualizan respecto a los actores sociales relevantes. Esto significa la participación de los actores sociales en la toma de decisiones sobre políticas de ciencia y tecnología. En este sentido, Slaa y Tuininga (1989) consideran que la evaluación constructiva debe llevar a cabo tres funciones fundamentales:

- (1) Evaluación de los posibles impactos según los distintos grupos sociales relevantes.
- (2) Establecer las posibles soluciones, tanto técnicas como organizativas, para los aspectos problemáticos de la tecnología en cuestión.
- (3) Proporcionar procedimientos para conseguir una retroalimentación óptima entre las diferentes interpretaciones sociales y el diseño de la tecnología.

Este modelo de evaluación está estrechamente relacionado con las nuevas orientaciones en el estudio social de la tecnología mencionadas anteriormente (Lujan y Moreno, 1996). Los sociólogos constructivistas como W. Bijker o T. Pinch, y los economistas evolucionistas como R. Nelson o G. Dosi, han rechazado los modelos unidireccionales tradicionales y los han reemplazado por otros multidireccionales. Como apuntábamos antes, estos modelos clásicos de cambio tecnológico apelaban al incremento de la eficiencia técnica, al aumento de la eficiencia económica o a cualquier otro criterio «maximizador». El pretendido resultado era siempre una historia (más o menos) lineal del éxito tecnológico. Los modelos multidireccionales, por su parte, muestran que la evolución de una tecnología podría haber sido distinta en función de otros factores económicos, técnicos, culturales o políticos. Las trayectorias tecnológicas no son entendidas como hechos objetivos y autónomos sino como procesos multidireccionales de variación y selección, donde variación y selección no son procesos independientes ni tampoco coincidentes, y cuyos ambientes de selección incluyen una diversidad de agentes sociales¹⁸.

¹⁸ Habría que señalar, no obstante, que aunque existen coincidencias, los enfoques constructivistas y evolucionistas presentan también divergencias. Mientras que los constructivistas tienden a eliminar la distinción entre variación y selección, los evolucionistas (aun reconociendo la interacción entre estos dos ámbitos) tienden a mantenerla (Lujan y Moreno, 1996).

En palabras de Ulrik Jorgensen y Peter Karnoe (1995: 74): «... tanto el proceso de variación como el ambiente de selección son creados en paralelo con la tecnología, son el resultado de los mismos procesos sociales de construcción — [de modo que se produce una] coevolución dinámica e interactiva de las instituciones, las tecnologías, las formas organizativas y los grupos sociales...». Mediante la evaluación constructiva de tecnologías, y el desarrollo de políticas científico-tecnológicas sobre esa base, se pretende «re-conducir» el proceso en su conjunto para asegurar la incorporación de determinados valores sociales, morales y políticos¹⁹.

Se trata, en síntesis, de reconducir los procesos de innovación y desarrollo; unos procesos sobre los que solo actuaban

- (a) las fuerzas del mercado,
 - (b) los intereses de un reducido grupo de agentes sociales, y
 - (c) un determinado tipo de valores,
- hacia procesos socialmente transparentes

(a') donde una multiplicidad de actores puedan tener presencia, (b') donde se haga uso de una diversidad de herramientas de análisis y de valores, y (c') donde pueda tener lugar el aprendizaje social (*i.e.* la interacción social con efectos modificadores sobre una tecnología que está siendo socialmente apropiada - Jelsma, 1995). Es interesante ampliar alguno de los puntos anteriores y revisar otras diferencias existentes entre el concepto tradicional de evaluación y el constructivo, teniendo en cuenta las aportaciones de los nuevos enfoques CTS en el estudio de la tecnología.

Impacto y riesgos. En la evaluación tradicional los impactos y riesgos se conciben como inherentes a la tecnología. Los enfoques recientes en el estudio social de la tecnología han proporcionado una imagen distinta. Los impactos de las tecnologías han de entenderse también como percibidos y diferentes para distintos grupos sociales relevantes. Lo que significa que su definición, intensidad y dirección dependen en parte de los contextos sociales en los que se aplica la tecnología, y por lo tanto son también socialmente modificables.

Los estudios sobre percepción pública han mostrado que la determinación y valoración de los riesgos asociados a tecnologías dependen de factores como la equidad social en el reparto de riesgos, las amenazas a la libertad individual y al bienestar económico, el grado de desconocimiento del riesgo y de voluntariedad. Cuando se producen conflictos relacionados con la valoración de riesgos hay que tener en cuenta que para distintos colectivos sociales pueden estar en juego cosas

¹⁹Bajo esta perspectiva, la regulación de la tecnología y de la actividad investigadora no aparece tanto como un tipo de limitación, sino como una orientación y estímulo de la innovación (Rip y Belt, 1988; Irwin y Veigragt, 1989; Jelsma, 1991; Schot, 1992).

diferentes. La evaluación y la gestión de tecnologías, por tanto, deben detectar y descifrar los significados, percepciones y actitudes que distintos grupos sociales asocian al desarrollo de una tecnología en cuestión.

Aspectos sociales y técnicos. La evaluación tradicional partía de una distinción absoluta y diáfana entre aspectos sociales y tecnológicos. La tecnología tiene impactos sociales, pero también los aspectos sociales influyen sobre la configuración de las tecnologías. En el proceso de interacción entre tecnología y sociedad, los elementos que en un momento se interpretan como cuestiones técnicas pueden devenir en sociales, y viceversa. Los distintos intereses sociales, políticos y económicos influyen en el desarrollo de la tecnología, pero las relaciones sociales están igualmente estructuradas y definidas, aun parcialmente, por las propias tecnologías.

Variación y selección. Tradicionalmente, los procesos de variación y selección (o generación y difusión) en el cambio tecnológico han sido concebidos como independientes. Uno de los aspectos más interesantes de los recientes trabajos en el

ámbito de los estudios sociales de la tecnología es precisamente el análisis de la interacción entre ambos procesos. Joban Schot (1992) ha propuesto la creación o promoción de nexos tecnológicos, que conecten ambas esferas, con el fin de que

fluya la información entre estas etapas del cambio tecnológico²⁰.

Viabilidad social y regulación. Teniendo en cuenta lo señalado en los puntos anteriores, se resuelve de un modo satisfactorio el dilema que tradicionalmente se ha planteado entre «eficiencia interna*» e «intervención externa*». Hacer funcionar una tecnología no solo depende de los componentes físicos, sino también de aspectos sociales, organizativos e institucionales. Es necesario, por tanto, hablar de «viabilidad social*» de las tecnologías. La intervención externa o social en el diseño y puesta en funcionamiento de las tecnologías no es un obstáculo, sino una condición necesaria. Los estudios de percepción pública muestran que la confianza de los ciudadanos implicados de un modo u otro en el desarrollo de un

²⁰ Cabe distinguir analíticamente tres tipos de actores o agentes sociales en la evaluación constructiva (vease Schot, 1992:211). En primer lugar, los actores que determinan el contenido de la generación de variaciones. De ellos dependen los objetivos de la I+D en, por ejemplo, los departamentos correspondientes de las empresas o las instituciones públicas. En segundo lugar, los actores que constituyen el ambiente de selección, tratando de influir selectivamente en las variaciones para obtener ciertos efectos. Por ejemplo las agendas de la Administración pública que pretenden actuar sobre el cambio tecnológico (como la EPA) mediante la regulación, o bien las organizaciones de defensa de la naturaleza que intentan conseguir el mismo objetivo mediante la acción política*. Y, en tercer lugar, los actores que vinculan variación y selección (nexos tecnológicos). Se trata de departamentos o individuos que, por una parte, traducen en recomendaciones para el desarrollo tecnológico las demandas del ambiente de selección, o bien, por otra parte, imponen sobre el ambiente de selección las demandas surgidas desde variaciones tecnológicas dadas.

proyecto tecnológico no depende solo del grado de pericia de los responsables, sino de si se ha contado con ellos en todo momento y se les ha suministrado la información pertinente.

Algunos ejemplos de estrategia de acción en evaluación constructiva son los siguientes (Schot, 1992: 212-220). Una primera posibilidad es el desarrollo de variaciones alternativas, tratando de promover tecnologías no disponibles en el mercado, por ejemplo mediante la financiación de líneas diferentes de I+D (*e.g.* energía eólica o solar) o mediante la subvención de procesos de innovación en las empresas en la dirección deseada por el Gobierno (caso de las tecnologías limpias). Otra estrategia es la modificación del ambiente de selección. El Gobierno puede influir en el ambiente de selección de las empresas, por ejemplo a través del establecimiento de regulaciones, o bien propiciando que algunos actores (como compañías aseguradoras, asociaciones de fabricantes o de consumidores) establezcan requisitos de protección ambiental. Una tercera línea de acción es la creación o activación de nexos tecnológicos que, tomando en cuenta los estímulos y requisitos del ambiente de selección, adapten el proceso de variación y, en particular, trasladen dichos requisitos a decisiones en la política de inversiones de las empresas. Se trataría así de modelar y armonizar los recursos, opciones y oportunidades (tecnológicos, de mercado y ambientales) de los procesos de variación y selección, función que ya desempeñan por ejemplo los departamentos de mercadotecnia de las grandes empresas (aunque lógicamente bajo cierto tipo de valores).

EVALUACIÓN Y POLÍTICAS PÚBLICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

La evaluación de tecnologías surgió en un momento histórico en el que se constata que la tecnología influye directamente sobre la vida de los ciudadanos. Se considero que creando una agenda de carácter parlamentario como la OTA los representantes de la soberanía popular tendrían la información suficiente para controlar los impactos sociales de la tecnología. La institucionalización de la evaluación de tecnologías en Europa ha hecho aflorar problemas nuevos debido a que los parlamentos europeos no suelen tener el nivel de independencia con el que cuenta el estadounidense. Durante las últimas décadas han surgido diversos tipos de instituciones encargadas de la gestión de la ciencia y la tecnología y de los conflictos sociales relacionados con ambas. Son nuevas instituciones que llevan a cabo la evaluación de tecnologías. Comités de ética de hospitales, de revistas, de asociaciones científicas internacionales encargadas de velar por la conducta de los científicos; agencias nacionales e internacionales para regular las diferentes aplicaciones de la ingeniería genética, etcétera. La tendencia actual es más bien hacia la descentralización de la evaluación de tecnologías.

De este breve repaso histórico es posible extraer algunas conclusiones. La actividad científico-tecnológica posee múltiples dimensiones y se relaciona con la sociedad de diferentes formas. Por tanto, no puede haber un diseño institucional único que tenga la

finalidad de encauzar los debates sociales relacionados con la ciencia, la tecnología o el medio ambiente.

Estos cambios en la evaluación de tecnologías también indican la asunción de un nuevo papel en las políticas científico-tecnológicas. Tanto histórica como conceptualmente los ámbitos de la regulación y la promoción han permanecido separados. Las políticas de ciencia y tecnología han tenido tradicionalmente como principal objetivo el impulso de la innovación tecnológica. La evaluación de tecnologías, surgida casi tres décadas más tarde, se ocupaba de minimizar los impactos negativos en ámbito regulativo. Pero en los años 80 en los dos ámbitos se producen cambios que facilitan la interacción. Las políticas de ciencia y tecnologías tienden a incorporar otros objetivos además de la innovación tecnológica orientada al crecimiento económico. Aparecen políticas que explícitamente persiguen innovación tecnológica que reduzca el deterioro del entorno o los servicios públicos, asumiendo así elementos regulativos en la propia promoción. Y, por su parte, la evaluación de tecnologías ha pasado de centrarse exclusivamente en los impactos a ocuparse también de las etapas tempranas de la innovación tecnológica.

Por último, podemos también interpretar los cambios ocurridos en la evaluación de tecnologías y en las políticas correspondientes como una forma de respuesta a la transformación del propio concepto de tecnología, en el sentido de evolucionar desde una concepción más restringida de la tecnología hacia una más general donde se destacan sus componentes sociales en el sentido de Pacey (1986), según veíamos más arriba. Los modelos desarrollados desde los nuevos estudios sociales son modos distintos de aplicar el concepto amplio de tecnología a la comprensión del cambio tecnológico y sus relaciones con el cambio social. De este modo, los enfoques recientes en evaluación de tecnologías y los nuevos modelos en políticas públicas sobre ciencia, tecnologías y medio ambiente pueden ser vistos como una aplicación de esta nueva forma de entender la tecnología.