

# Ciencia, Tecnología y Sociedad. Proyecto Argo. Materiales para la educación CTS. Segundo capítulo

Mariano Martín Gordillo (Coord.)  
Grupo Norte, 2001, páginas 64-101

---

## 1. ¿Qué es la Tecnología?

### 1.1. Tecnología y naturaleza humana

Responder a la pregunta sobre qué es la tecnología no resulta sencillo. Al intentar definir su significado sucede igual que con otras palabras como *lenguaje*, *ser humano* o *vida*, en las que es casi imposible pensar *sobre* ellas sin pensar *desde* ellas. Para definir el lenguaje hay que utilizarlo. Sólo los seres humanos se pueden plantear el problema de la definición de lo humano. Y, que se sepa, es necesario estar vivo para poder preguntarse en qué consiste esto de la vida. Con la tecnología sucede algo parecido: lo técnico o lo tecnológico (por ahora no distinguiremos entre tales conceptos) está tan presente en la vida de los seres humanos que apenas podemos hablar de ello con la distancia suficiente para reconocer con claridad sus perfiles definitorios.

Nuestro entorno natural ha sido radicalmente transformado por la técnica. Todo el proceso que ha llevado a que estas líneas puedan ser leídas supone el encadenamiento de diversos actos técnicos. Desde la escritura del borrador, hasta la edición, impresión y encuadernación del libro, hay un conjunto de procedimientos sucesivos que pueden ser considerados con propiedad como técnicos. Esto por el lado de la producción de este escrito. Pero seguramente también el entorno del lector estará altamente tecnificado. Probablemente quien lee este libro (un artefacto no natural) lo hace sobre una mesa (también artificial) ubicada en un edificio (construido técnicamente) situado en un pueblo o ciudad (un entorno urbanizado). Aún en el improbable caso de que el lector estuviera en un parque natural sin el menor atisbo de producto técnico a su alrededor, seguiría siendo cierto que tal lugar conservaría intactas sus características naturales precisamente porque los seres humanos han decidido declararlo como una zona de excepción a la habitual transformación técnica del medio. En nuestros tiempos, la propia conservación de la naturaleza para preservarla de los efectos del desarrollo técnico es una decisión que se adopta de forma consciente. Tal es la omnipresencia de la técnica a nuestro alrededor que hay quien afirma, incluso, que la propia realidad es, en cierto sentido, una construcción técnica.

El ser humano, que dispone de la técnica y la utiliza, puede considerarse también como un producto de la técnica. Los antropólogos han discutido mucho sobre los determinantes del proceso de hominización, es decir, sobre el tipo de factores que provocaron que hace varios millones de años algunos primates abandonaran la vida en los árboles iniciando unos cambios de los que somos fruto los seres humanos actuales. Dichos factores servirían para entender, además, qué es lo que separa a éstos de los demás animales, es decir, en qué consiste la naturaleza humana más allá de su condición animal. Aunque los antropólogos no han llegado a acuerdos definitivos sobre la importancia y el orden de

esos determinantes, sí parece estar claro que la sociabilidad, la capacidad lingüística y las habilidades técnicas fueron fundamentales en el proceso que condujo *del mono al hombre*.

La intensa interacción social de los homínidos fue, seguramente, una condición que favoreció el cambio de hábitat y de su lugar ecológico, pasando de la vida en los árboles a la práctica de la caza cooperativa. Además la propia organización social derivada de la nueva situación de cazadores-recolectores tuvo que ir acompañada necesariamente del desarrollo de una capacidad comunicativa incomparablemente superior a la de cualquier otro mamífero. Pero ni la complejidad de la organización social, ni el consiguiente desarrollo lingüístico se habrían dado en especies cuya adaptación a su entorno estuviera limitada por las condiciones físicas de su anatomía.

Las habilidades técnicas fueron fundamentales en el proceso de hominización. El hecho de que un mono arborícola se trasladara a los terrenos abiertos y se convirtiera en un temible depredador no hubiera sido posible si sus manos no hubieran empuñado piedras para lanzar a sus presas o palos con los que poder matarlas. La habilidad con que aquellos primates utilizaban sus manos para agarrarse a las ramas de los árboles y moverse en ellos fue transferida a otra función distinta cuando bajaron a los espacios abiertos. Con esas manos libres, pudieron utilizar palos y piedras para matar a sus presas. Luego hicieron con ellas hachas, lanzas y cuchillos, seguramente las primeras herramientas técnicas construidas por los homínidos y que sustituyeron en ellos a las garras y los colmillos de los verdaderos carnívoros. Pero esto fue sólo el principio. Los homínidos y sus descendientes fueron desarrollando formas de vida en las que la selección natural sobre las variaciones anatómicas, característica de la evolución de todos los seres vivos, dejó de afectarles. Nuevas *prótesis técnicas* fueron adaptándolos a las necesidades correspondientes a cada nueva situación ecológica. Esas prótesis técnicas adaptativas implicaron, por tanto, que en los humanos el papel de la evolución natural haya sido sustituido por lo que podríamos llamar *evolución cultural*, que consiste principalmente en la multiplicación y diversificación de los instrumentos y actos técnicos para la adaptación a cualesquiera entornos. En cierto modo, la especie humana logró liberarse de la selección natural. El dominio del fuego, la *predigestión* externa de los alimentos al cocinarlos, la domesticación de animales, la agricultura, el hilado, la cerámica, la construcción de viviendas, la fundición de metales... son sólo algunos elementos significativos de la larga cadena de actos técnicos que han caracterizado la evolución cultural de los humanos. Por todo esto, no se discute que el ser humano es un *homo faber*, además de (y, seguramente, antes que) un *homo sapiens*. Incluso cabe plantear si la propia racionalidad humana no será, ella misma, una consecuencia más del desarrollo técnico.

La técnica ha supuesto, por tanto, la transformación del medio en que los humanos han desarrollado su vida, a la vez que ha ocasionado la propia transformación de las formas de vida humana. Porque la vida humana, a diferencia de la vida de los demás animales, no está determinada y limitada por los condicionantes ambientales a los que cada especie se encuentra adaptada. Lo propio de la especie humana es la continua readaptación a diversas condiciones ambientales mediante la construcción técnica de artefactos y productos que permiten que su vida sea posible en todos los lugares del planeta e, incluso, fuera de él.

La existencia humana no es un don de los dioses. Tampoco es, o no es sólo, un resultado de la evolución biológica. Con la técnica los seres humanos se han convertido en los forjadores de su propia naturaleza, sustituyendo el papel que en los mitos y las religiones se asignaba a los dioses y en la teoría darwinista se daba a la selección natural. Los seres humanos son algo más que animales porque han sido los únicos capaces de superar las limitaciones de su condición natural para alcanzar algunas de las cualidades que los mitos y las religiones reservaban a los dioses. Los seres humanos son conscientes de su propia existencia, quieren mejorarla y les gustaría que sus obras trascendieran sus vidas en un anhelo de inmortalidad. La eternidad, la perfección y la sabiduría son cualidades que se atribuyen a los dioses, pero son los propios humanos y sólo ellos los que han podido desarrollarlas mediante la técnica. La técnica crea obras que tienen la pretensión de perdurar, incluso la técnica permite prolongar la vida humana más allá de los designios del azar natural o del supuesto destino divino. La técnica ha permitido mejorar la vida humana, aunque también hay técnicas capaces de empeorarla. La técnica ha transformado las condiciones de la vida humana.

El propio conocimiento y la investigación no son posibles sin el dominio previo de ciertas técnicas. La técnica es imprescindible incluso para poder prescindir de ella. Los filósofos griegos fueron capaces de remontarse sobre sus necesidades concretas y especular sobre los grandes temas de la vida porque dispusieron del tiempo libre, del ocio, que les permitía hacer sus especulaciones sin ocuparse de los negocios de la supervivencia cotidiana. Aun para especular sobre la técnica e incluso para despreciar su importancia hay que disponer de tiempo libre y tener resueltas las necesidades básicas que a los demás animales les impiden disponer con libertad de su tiempo. Y para ello es imprescindible el desarrollo técnico. Si la filosofía (y la ciencia, y tantas otras cosas) surgieron en Grecia hace 2.500 años y no en África hace 2 millones de años, no es porque los griegos *estuvieran* más preocupados que los Australopitecos sobre el problema del origen de las cosas, sino porque *podieron estarlo* debido a que el desarrollo técnico les permitía resolver los problemas inmediatos e incluso les planteaba nuevos problemas que no estaban al alcance de los homínidos que no disponían de ese desarrollo técnico.

La existencia humana es un producto técnico tanto como los propios artefactos que la hacen posible. Desde hace algunos millones de años hasta el siglo XXI, las diversas formas en que los seres humanos han desarrollado lo que Marx llamaba la *producción social de su existencia* han marcado la evolución de su presencia en el planeta, eso que se conoce como Historia. Seguramente la técnica es una de las producciones más características de los seres humanos, pero también es cierto que los seres humanos son, sin duda, el producto más singular de la técnica. Es imposible, por tanto, separar la técnica de la esencia del ser humano.

## **1.2. Técnicas, tecnologías y artefactos.**

Como se ha indicado, la definición de la tecnología resulta especialmente difícil al ser indisociable de la propia definición del ser humano. Sin embargo, conviene tener en cuenta cuál es la idea más usual y tópica sobre ella. El diccionario define la tecnología como el “conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial”, o también como “el conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto”. Aunque las dos definiciones difieran en el carácter de

conocimiento o de práctica que deba caracterizar a la tecnología, ambas parecen coincidir en que el ámbito definitorio de la tecnología está en la producción, especialmente en la producción industrial.

Según el diccionario, la idea de tecnología está relacionada con la producción material ligada a la industria. En este sentido, la tecnología sería relativamente moderna, al menos tanto como la propia producción industrial. Seguramente por ello el término *tecnología* parece indicar una mayor sofisticación que el de *técnica*. Las técnicas se darían en las formas preindustriales de producción y serían algo así como habilidades o destrezas que no requerirían del concurso de conocimiento científico alguno, sino que progresarían por el uso de intuiciones prácticas continuamente corregidas por la experiencia. La tecnología podría ser considerada, por tanto, como el conjunto de procedimientos que permiten la aplicación a la producción industrial de los conocimientos propios de las ciencias naturales. Por su parte, la técnica correspondería a los tiempos anteriores al uso de los conocimientos científicos como base del desarrollo tecnológico industrial. Dos tópicos aparecen así en esta consideración común de la tecnología. El primer tópico sería su dependencia de otros conocimientos más básicos. El segundo, el carácter material de sus productos. Esos dos tópicos son ideas comúnmente aceptadas, pero no por ello necesariamente ciertas.

El primero de esos tópicos presenta a la tecnología como algo posterior a la ciencia, es decir, como su consecuencia práctica para la mejora de las condiciones de la vida humana. Según esta idea, la ciencia realizaría sus investigaciones con el único objetivo de desentrañar las leyes que gobiernan el funcionamiento de la realidad, mientras que la tecnología se encargaría de aplicar esos conocimientos al diseño de artefactos orientados al bienestar humano. Esta consideración de la tecnología como ciencia aplicada a la producción parte de la idea de que existe realmente una escisión completa entre la investigación teórica y la aplicación práctica, lo cual es muy discutible. Es habitual considerar que la ciencia es anterior a cualquier tecnología y está únicamente guiada por el objetivo de alcanzar nuevos conocimientos teóricos. En este sentido, se suele considerar que la ciencia busca conocer las leyes que gobiernan el funcionamiento de la naturaleza, algo que antes era propio de la llamada filosofía natural (aunque los científicos se distanciarían de los filósofos al utilizar procedimientos experimentales, el método científico, y no sólo especulativos). Este planteamiento convencional suele considerar, además, que los conocimientos científicos son siempre objetivos y, por tanto, susceptibles de muy diversas aplicaciones tecnológicas: la física nuclear permitiría desarrollar tanto las tecnologías bélicas como las aplicaciones sanitarias. Así, el conocimiento científico es considerado como inocente en la responsabilidad sobre las diversas aplicaciones tecnológicas que de él se derivan.

Este tópico sobre entender las relaciones entre la ciencia y la tecnología corresponde al positivismo. Como se verá con más detalle en la siguiente unidad, la idea de una investigación científica objetiva, neutral, previa e independiente de sus posibles aplicaciones prácticas por la tecnología no se corresponde con la actividad real de los proyectos de investigación. En ellos los componentes científico-teóricos y tecnológico-prácticos resultan casi siempre indisociables. Por tanto, frente al primer tópico es más apropiado hablar de un complejo tecnocientífico, en el que los componentes teóricos y prácticos están íntimamente relacionados, que hablar de investigación teórica (ciencia) y de aplicación práctica (tecnología) como elementos separados y sucesivos.

El segundo tópico afirma que la tecnología tendría siempre como resultado productos industriales de naturaleza material. Cuando se habla de artefactos tecnológicos se suele pensar en una serie de objetos (frecuentemente considerados como máquinas) en cuya elaboración se han seguido reglas fijas ligadas a las leyes de las ciencias físico-químicas. Aviones, automóviles y ordenadores... serían ejemplos, entre otros muchos, de artefactos tecnológicos en los que se cumplirían las condiciones de la definición de tecnología antes comentada. Todos esos artefactos son el tipo de productos con los que convencionalmente se ilustra la imagen habitual de la tecnología. Para construir aviones, automóviles y ordenadores se han debido utilizar los conocimientos propios de las ciencias naturales, con lo que se refuerza el primer tópico positivista sobre la relación entre ciencia y tecnología. Por otra parte, nadie duda de que esos artefactos son objetos materiales, tanto como las propias realidades de las que se ocupan esas ciencias. Así la idea de la tecnología se ha venido asociando a la de la ingeniería industrial. Lo tecnológico sería lo relativo a la moderna producción de bienes materiales que la sociedad demanda. Lo que debe reconsiderarse es que la tecnología se reduzca a la producción de artefactos materiales.

Además de las tecnologías materiales existen tecnologías sociales. No sólo se construye técnicamente la realidad material, sino que la propia organización social puede ser considerada ella misma como técnicamente construida, es decir, como un artefacto. El mundo que nos rodea es producto de la técnica no sólo en el sentido físico, sino que también las propias relaciones sociales pueden ser consideradas como construcciones tecnológicas, es decir, como artefactos. En la producción industrial, además de las máquinas físicas que se utilizan en los procesos existen determinado tipo de relaciones laborales que, siendo tan artificiales como las propias máquinas, tienen una importancia no menor que éstas para que todo el proceso productivo pueda desarrollarse según lo previsto. Ingenieros, operarios, supervisores y administradores tienen asignadas funciones bien definidas y entre ellos existen claras jerarquías que no pueden reducirse a diferencias naturales entre los individuos. Incluso en la forma de vestir de cada uno de los sectores de esa pequeña organización social ligada a la producción existen reglas, muchas veces implícitas, que identifican con precisión el papel de cada cual y que no deben ser transgredidas. La corbata, la bata blanca o el mono azul se asocian con tanta precisión a funciones concretas en la actividad industrial como los colores de los cables resultan distintivos y significativos en un artefacto eléctrico.

Muchas veces las tecnologías de organización social están estrechamente relacionadas con tecnologías materiales, como es el caso de la producción industrial. Sin embargo, fuera de ese ámbito esa vinculación es menos evidente. Por ejemplo, la existencia o no de tarima en un aula, una decisión aparentemente arquitectónica (de una tecnología material), tiene grandes implicaciones sobre las relaciones educativas que son posibles o predominantes en un aula. Eso mismo sucede en la organización de los espacios urbanos, que permiten o impiden su uso, según como se diseñen, por parte de diferentes colectivos (discapacitados, niños, ancianos...). Esta frontera difusa entre las tecnologías materiales y la vida social sólo se percibe cuando se amplían los conceptos de tecnología y de artefacto tecnológico a las diversas formas posibles de organización social, las cuales son tan artificiales, tan *artefactuales*, como los objetos materiales.

Incluso algunas tecnologías de organización social llegan a ser autónomas respecto de las tecnologías materiales. La organización educativa como tecnología de organización

social es un caso claro, pero también la publicidad, los medios de comunicación o, incluso, las religiones pueden ser consideradas como tecnologías no materiales que tienen como finalidad establecer ciertos modos de organización social y ciertas pautas artificiales para la conducta de los individuos. Por tanto, frente al segundo tópico, la tecnología y sus resultados, los artefactos, no pueden limitarse al ámbito de los objetos materiales. Lo tecnológico es también lo que transforma y construye la realidad social.

## 2. Tipos de tecnología

### 2.1. ¿Cómo se clasifican las tecnologías?

Aunque muchas veces se habla de la tecnología en singular, resulta evidente que hay muchas tecnologías diferentes. No son lo mismo la ingeniería industrial que la biotecnología o las telecomunicaciones. Está claro que esas tres actividades son tecnológicas, pero existen tantas diferencias entre ellas que quienes son expertos en una pueden ser completamente profanos en las demás. Hay, por tanto, diversas tecnologías y hay importantes diferencias entre ellas. ¿Con qué criterios pueden distinguirse? ¿Cómo se clasifican?

Los tópicos sobre la definición de tecnología han dado lugar también a criterios para su clasificación. Si, como se ha visto, las tecnologías son consideradas muchas veces como ciencias aplicadas ya tenemos un primer criterio de demarcación. Así se distingue entre un acto técnico y una actividad tecnológica. Las artes culinarias, el curtido de pieles o la ebanistería podrían ser clasificadas como técnicas y sería impropio decir de ellas que son tecnologías, mientras que la medicina, la construcción de puentes o el diseño de aviones entrarían hoy dentro de las tecnologías al incorporar conocimientos científicos procedentes de diversas ciencias naturales. Aquel conjunto de acciones programadas de carácter práctico que utilicen conocimientos científicos serán, por tanto, tecnologías, mientras que cuando la acción no se fundamente en conocimientos científicos sino en la experiencia anterior estaremos simplemente ante actos técnicos.

Además de proponer un criterio de demarcación para distinguir lo que es genuinamente tecnológico de lo que sólo es técnico, el tópico según el cual la tecnología es ciencia aplicada facilita un modelo muy sencillo para clasificar las diversas tecnologías. Si hay diversas ciencias y las tecnologías derivan de ellas, la clasificación de éstas podrá hacerse siguiendo las propias clasificaciones habituales entre las distintas disciplinas científicas. De este modo las ciencias físicas habrían dado lugar a la ingeniería civil, eléctrica, electrónica, nuclear u espacial; las ciencias químicas darían lugar a tecnologías diferenciadas correspondientes a los ámbitos de la química orgánica y la inorgánica; las ciencias bioquímicas harían posible el desarrollo de la tecnología farmacológica; las ciencias biológicas generarían tecnologías como la agronomía o la medicina. Incluso en el campo de las ciencias humanas o sociales podrían encontrarse paralelismos entre las fronteras existentes entre las diversas disciplinas científicas y sus correspondientes desarrollos tecnológicos: de los conocimientos científicos de la psicología derivarían la psiquiatría o la pedagogía, así como de las ciencias económicas podrían derivarse tecnologías sobre la gestión y administración de las empresas.

Otra forma habitual de clasificar a las tecnologías es partiendo del segundo de los tópicos expuestos en el apartado anterior, esto es, que las tecnologías consisten en la

producción y mantenimiento de artefactos en el contexto productivo. De acuerdo con este planteamiento, la clasificación de las tecnologías derivaría del análisis de las diversas actividades productivas. De este modo habría tecnologías dedicadas a la producción agrícola, ganadera, industrial, a la producción de recursos energéticos, a la gestión hídrica, al tratamiento de residuos, a las de redes de transporte, a las comunicaciones, etc.

Esos dos modos de clasificar a las tecnologías pueden resultar claros y útiles. De hecho, las clasificaciones de las tecnologías relacionadas con las de las ciencias se utilizan frecuentemente en la organización de los currículos y los planes de estudios. Asimismo, en los planes de desarrollo tecnológico es frecuente utilizar las clasificaciones de las tecnologías relacionadas con los distintos sectores productivos.

Sin embargo, esos dos modelos para clasificar las tecnologías presentan los mismos problemas que se han comentado a propósito de los dos tópicos de los que parten. En primer lugar, no resulta fácil distinguir hoy entre investigación científica y desarrollo tecnológico ya que conocimiento y aplicación se desarrollan prácticamente a la vez con lo que las clasificaciones de las tecnologías derivadas de las clasificaciones de las ciencias resultan cada vez más problemáticos. En segundo lugar, las clasificaciones de las tecnologías que se basan en los diversos ámbitos de la producción descartan la presencia de artefactos tecnológicos en dimensiones de la realidad que no son estrictamente productivas. El desarrollo de las ciudades, las formas de socialización escolar de los jóvenes, las redes de relación y comunicación a escala mundial son tan artefactuales como puedan serlo los productos de las tecnologías materiales, pero estas tecnologías de organización social, cuyos productos son menos visibles, pero no menos reales, tienden a quedar olvidadas cuando se reducen las clasificaciones de las tecnologías al ámbito de la producción material.

Por otra parte, la revolución social que han supuesto las llamadas *nuevas tecnologías* escapan a una simple clasificación que las aborde desde la óptica de la ciencia aplicada o de la producción. Las *nuevas tecnologías de la información y la comunicación* son mucho más que nuevos avances en la aplicación de la ciencia a la producción material. De ellas se suele decir que dan origen a una nueva forma de actividad productiva, la *nueva economía*, y a nuevas formas de vida social, la *sociedad de la información o del conocimiento*, en el contexto de un mundo globalizado por el desarrollo de estas tecnologías. Para entender estas nuevas tecnologías y su importancia en la sociedad no basta, por tanto, con referirse al sector de actividad al que corresponden, porque ya han afectado a todos. Tampoco estas nuevas tecnologías son la aplicación o desarrollo práctico de una ciencia concreta sino que ellas por si mismas han revolucionado las formas tradicionales de creación y desarrollo de los conocimientos. Por tanto, para entender estas tecnologías no cabe simplemente clasificarlas dentro de un sector productivo o como aplicación de ciencias anteriores. Es más apropiado contar con perspectivas más amplias en las que se pongan de manifiesto las intensas interacciones entre ciencia, tecnología y sociedad. Para esa nueva consideración de la tecnología convendrá recordar cómo se ha interpretado su propio desarrollo histórico en relación con el ser humano y la sociedad.

## **2.2. Algunas interpretaciones sobre la historia de la técnica**

Otro modo de clasificar a las tecnologías es teniendo en cuenta su historia. Los periodos o fases en que se ha desarrollado la historia de la técnica y la tecnología permiten entender el tipo de relaciones que han tenido con el ser humano y con las sociedades correspondientes. Sin embargo, no abundan las reflexiones sobre la historia de la técnica y, en todo caso, son muchas menos que los estudios sobre la historia de la ciencia. Nuevamente, la idea de una dependencia de la tecnología respecto de la ciencia ha supuesto que al plantear los estudios históricos se le haya dado más importancia a ésta que a aquélla. Sin embargo, entre las aportaciones que han intentado distinguir fases o periodos en la historia de la técnica y la tecnología de un modo autónomo respecto de la ciencia, cabe destacar en el siglo XX tres contribuciones de gran interés: la de Ortega, que relaciona las fases de la técnica con la forma en que los seres humanos se relacionan con ella; la de Mumford, que analiza cómo los distintos tipos históricos de máquina condicionan formas de vida sociales diferenciadas; y la de Mitcham, que analiza las actitudes culturales hacia la técnica en los distintos momentos históricos. Curiosamente esos tres autores, partiendo de perspectivas diferentes, distinguen cada uno de ellos tres fases principales en la historia de la técnica y la tecnología, con lo que incluso es posible relacionar entre sí las tres periodizaciones.

### **2.2.1. Ortega y las relaciones entre técnica y ser humano**

En su obra *Meditación de la Técnica*, publicada en 1939, José Ortega y Gasset interpreta las fases de la historia de la técnica teniendo en cuenta las relaciones con el ser humano que se han dado en cada momento. En este sentido, cabe afirmar que la periodización de Ortega tiene un carácter antropológico, privilegiando al sujeto en la dualidad entre sujetos humanos que desarrollan y utilizan la técnica y objetos o artefactos técnicos producidos y utilizados a lo largo de la historia.

Decía Ortega que *“mientras todos los demás seres coinciden con sus condiciones objetivas -con la naturaleza o circunstancia- el hombre no coincide con ésta, sino que es algo ajeno y distinto de su circunstancia”*. Por tanto, para Ortega, lo esencial de la naturaleza humana consiste en el distanciamiento de las necesidades naturales que caracterizan al resto de los seres vivos. La técnica se sitúa en ese distanciamiento entre la satisfacción inmediata de las necesidades naturales y la esencia del hombre, siendo el producto más genuinamente humano a la par que el medio que hace que el hombre se distancie de la naturaleza y desarrolle un entorno supranatural específicamente humano: *“Es, pues, la técnica la reacción enérgica contra la naturaleza o circunstancia, que lleva a crear entre éstas y el hombre una nueva naturaleza puesta sobre aquélla, una sobrenaturaleza... La técnica no es lo que el hombre hace para satisfacer sus necesidades... La técnica es la reforma de la naturaleza, de esa naturaleza que nos hace necesitados y menesterosos; reforma en sentido tal que las necesidades queden a ser posible anuladas por dejar de ser problema su satisfacción”*.

Para distinguir las fases de la historia de la técnica Ortega utiliza como criterio el tipo de relaciones que se dan en cada momento entre el ser humano y la técnica: *“a mi entender, un principio radical para periodizar la evolución de la técnica es atender la relación misma entre el hombre y su técnica o, dicho en otro giro, a la idea que el hombre ha ido teniendo de su técnica, no de esta o la otra determinadas, sino de la función técnica en general”*. Así, partiendo de la conciencia que el ser humano ha ido teniendo de su relación con la técnica, Ortega distingue tres grandes estadios en la evolución histórica de la técnica: la

*técnica del azar, la técnica del artesano y la técnica del técnico.* Como se puede observar, ya en la propia denominación que Ortega da a cada una de las tres fases se observa el énfasis que pone en el componente antropológico como aspecto relevante para entender la evolución de la técnica.

### **La técnica del azar.**

La técnica del azar es la técnica propia del hombre primitivo, quien ya realiza actos técnicos, pero aún no tiene conciencia clara de ellos. El ser humano en esta etapa se distingue del animal en que transforma técnicamente la naturaleza, pero todavía no es consciente de este hecho. Incluso considera a sus actos técnicos como actos idénticos a los naturales. *“El primitivo se encuentra con que puede hacer fuego lo mismo que se encuentra con que puede andar, nadar, golpear, etc. Y como los actos naturales son un repertorio fijo y dado de una vez para siempre, así también sus actos técnicos”.* Por la escasa separación entre sus actos técnicos y sus actos naturales, Ortega considera que el hombre primitivo es mínimamente hombre y casi todo él puro animal.

Los actos técnicos propios de esta etapa no suponen todavía ningún tipo de división u organización social. Todos los miembros de la colectividad los realizan por igual y no hay aún especialistas en técnicas diversas. De hecho, las únicas diferencias en el reparto entre los individuos de los actos técnicos tendrían que ver con las propias percepciones que ellos tienen sobre sus diversas condiciones naturales. *“Que la mujer cultive los campos -fue la mujer la inventora de la técnica agrícola- le parece tan natural como que de cuando en cuando se ocupe de parir”.*

Los hallazgos técnicos en esta etapa no son fruto de una invención consciente y buscada, sino, más bien, fruto del azar (de ahí su nombre). No es el hombre primitivo quien busca de forma deliberada una nueva solución a los problemas, son más bien las soluciones las que le encuentran a él. *“Se produce de pronto, por puro azar, una nueva situación que da un resultado nuevo y útil. Por ejemplo, rozando por diversión o prurito un palo con otro brota el fuego. Entonces el primitivo tiene una súbita visión de un nuevo nexo entre las cosas. El palo, que era algo para pegar, para apoyarse, aparece como algo nuevo, como lo que produce fuego”.* El hecho de que los descubrimientos técnicos sean fruto del azar hace que sean percibidos como mágicos, como parte de fuerzas naturales que el ser humano no conoce ni realmente controla. *“Este hombre, pues, no se sabe a sí mismo como inventor de sus inventos. La invención le aparece como una dimensión más de la naturaleza... No se siente homo faber. Se encuentra, pues, en una situación muy parecida a la que Köhler describe cuando el chimpancé cae súbitamente en la cuenta de que un palo que tiene en la mano puede servir para cierto fin antes insospechado. Köhler la llama impresión del ¡ajá!”.* El ensayo y error es, por tanto, el procedimiento por el que el ser humano halla las destrezas técnicas, las cuales son, por tanto, principalmente fruto de un azar inconsciente.

Con la técnica del azar, los seres humanos se distancian de los animales por sus habilidades para la realización de diversos actos técnicos. Pero todavía no existe la conciencia de las destrezas técnicas como algo que separa radicalmente al ser humano de sus condicionantes naturales.

### **La técnica del artesano.**

El segundo estadio es la técnica del artesano. Corresponde a la primera fase realmente histórica de la técnica: Grecia, Roma y la Edad Media, serían los momentos históricos correspondientes. En esta etapa se da un gran aumento en el repertorio de los actos técnicos que realizan los seres humanos en comparación con los del estadio anterior. La realidad está siendo ya notablemente transformada por el uso de las técnicas, pero no tanto como para considerar que no sería posible un eventual retorno a una vida natural carente de toda técnica. *“Aún la proporción entre lo no técnico y lo técnico no es tal que lo técnico se haya hecho la base absoluta de sustentación. No, aún la base sobre la que el hombre se apoya es lo natural”*.

En la técnica del artesano los actos técnicos no configuran una conciencia clara de la técnica como algo independiente de quien la posee: los artesanos. En esta época las diversas técnicas (zapatería, carpintería, alfarería...) se identifican con los técnicos (los zapateros, carpinteros o alfareros) que poseerían ciertas habilidades transmitidas de generación en generación. *“La zapatería no es sino una destreza que poseen ciertos hombres llamados zapateros. Esta destreza podría ser mayor o menor y sufrir algunas pequeñas variaciones, exactamente como acontece con las destrezas naturales, el correr y el nadar, por ejemplo; mejor aún, como el volar del pájaro y el cornear del toro”*. El artesano tendría ciertas habilidades naturales para producir resultados técnicos no naturales. Algo parecido a lo que hoy entendemos como característico del deporte: los deportistas hacen algo que no es natural, las actividades de las distintas especialidades deportivas, pero para ello tienen, o han desarrollado, ciertas habilidades naturales en las que superan a la mayoría. Si en la técnica del azar no había especialistas, en la técnica del artesano aparecen los gremios como grupos cerrados de maestros que dominan habilidades específicas y las transmiten a los aprendices. En este sentido, el aprendizaje de la técnica es la adquisición de las pautas de una tradición secular más que la tendencia a innovar o inventar conscientemente nuevas formas técnicas. *“En la artesanía no se concibe la conciencia del invento. El artesano tiene que aprender en largo aprendizaje -es la época de maestros y aprendices- técnicas que ya están elaboradas y vienen de una insondable tradición. El artesano va inspirado por la norma de encajarse en esa tradición como tal: esta vuelto hacia el pasado y no abierto a posibles novedades”*. Las escuelas y estilos están fuertemente arraigados en los contextos geográficos en los que se asienta cada gremio con lo que las artesanías tienen ese carácter territorial que todavía hoy se considera distintivo de lo que no es producto de las máquinas.

Como aspecto claramente diferenciador respecto de la fase siguiente, en la técnica del artesano no se distingue el diseño de la ejecución. Es el mismo artesano el que plantea cómo va a hacer unos zapatos y quien realmente los hace. *“El artesano es, a la vez e indivisiblemente, el técnico y el obrero. Y lo que más se ve de él es su maniobra y lo que menos su “técnica” propiamente tal. La disociación del artesano en sus dos ingredientes, la separación radical entre el obrero y el técnico, será uno de los síntomas principales del tercer estadio”*.

La técnica del artesano supone la aparición de las técnicas como algo distinto de los actos naturales azarosos, y el reconocimiento de la existencia de especialistas en esos actos técnicos, los distintos gremios de artesanos, pero todavía no implica la conciencia de la técnica como algo sustantivo y separado del ser humano que la realiza, ni tampoco reconoce la existencia de momentos diferenciados, diseño y ejecución, en el acto técnico.

## **La técnica del técnico.**

La tercera etapa de la técnica coincidiría con la separación del acto técnico respecto del hombre que lo realiza, es decir, con la aparición de la máquina. Aunque sus precedentes se encontrarían algunos siglos antes, es a partir del siglo XIX cuando podría hablarse con propiedad de lo que Ortega denomina *técnica del técnico*. *“El hombre adquiere la conciencia suficientemente clara de que posee una cierta capacidad por completo distinta de las rígidas, inmutables, que integran su porción natural o animal. Ve que la técnica no es un azar, como en el estadio primitivo, ni un cierto tipo dado y limitado de hombre -el artesano-; que la técnica no es esta técnica ni aquella determinadas y, por lo tanto, fijas, sino precisamente un hontanar de actividades humanas, en principio ilimitadas”*. En esta fase se da una independencia de la técnica respecto del ser humano gracias a los automatismos de la máquina. Si antes las técnicas eran auxiliares de la acción humana, en la técnica del técnico el hombre llega a ser el auxiliar de la máquina. Este es el papel del obrero: el de usuario de técnicas que él no ha diseñado.

En esta fase se da la radical escisión entre las dos vertientes del acto técnico: el diseño (propio del ingeniero, del técnico propiamente dicho) y la ejecución (propia del obrero o usuario de la técnica). De hecho ahora la invención es un acto de diseño consciente y planificado que es necesariamente previo a la ejecución (los planos y prototipos de los arquitectos y los ingenieros). De este modo el aprendizaje de la técnica también puede darse en sus dos vertientes diferenciadas: como formación teórica del técnico que diseña o como formación práctica del obrero que ejecuta. La formación profesional y buena parte del papel de la tecnología en la educación actual es deudora de este planteamiento. Si en las fases anteriores la separación del hombre respecto de la naturaleza por la técnica era relativa, en la técnica del técnico la realidad está técnicamente transformada y el ser humano ya no vive en la naturaleza ni puede volver a ella, sino que entre la naturaleza y el ser humano se ha construido una sobrenaturaleza técnica de la que el ser humano ya no puede prescindir.

Así, la técnica se presenta ahora como algo separado del ser humano y lleno de posibilidades abiertas. *“El hombre está hoy, en su fondo, azorado precisamente por la conciencia de su principal ilimitación. Y acaso ello contribuye a que no sepa ya quién es -porque al hallarse, en principio, capaz de ser todo lo imaginable, ya no sabe qué es lo que efectivamente es”*. En este sentido, esta indeterminación de la técnica propia de la vida moderna aporta una mayor libertad al ser humano, pero a la vez le aleja de su propia definición como ser humano. Ello motiva el desasosiego propio de los tiempos actuales frente a la técnica moderna que es percibida a la vez como liberadora del ser humano y como potencialmente deshumanizadora. *“Ser técnico y sólo técnico es poder serlo todo y consecuentemente no ser nada determinado. De puro llena de posibilidades, la técnica es mera forma hueca -como la lógica más formalista-, es incapaz de determinar el contenido de la vida. Por eso estos años en que vivimos, los más intensamente técnicos que ha habido en la historia humana, son de los más vacíos”*.

### **2.2.2. Mumford y las fases de la máquina.**

Lewis Mumford presenta en su obra *Técnica y Civilización*, de 1934, otra periodización de la técnica que también está orientada, como la de Ortega, por planteamientos humanistas, pero que toma como hilo conductor la propia evolución del objeto técnico,

esto es, las diferentes fases históricas de la máquina. Mumford también distingue tres momentos singulares en la evolución de la técnica que se corresponderían con tres tipos de máquinas asociadas con unas fuentes energéticas y unas materias primas diferenciadas y que darán lugar, asimismo, a tres modos de civilización diferentes. Estas tres fases son *eotécnica*, *paleotécnica* y *neotécnica*.

### **La fase eotécnica.**

En la medida en que Mumford relaciona la evolución de la técnica con la de las máquinas, su periodización no comienza, como la de Ortega, con la aparición del ser humano sino que hacia el año 1000. Antes de esa época no se podría hablar propiamente de máquinas técnicas, ya que la fuente energética principal era hasta entonces la propia fuerza humana y de los animales domésticos y las acciones técnicas eran muy limitadas. Sin embargo, en el periodo eotécnico, que se extendería según Mumford entre el comienzo del segundo milenio y el siglo XVIII, junto a la fuerza de los propios seres humanos y de los animales de tiro, comienzan a utilizarse diversos recursos naturales como el viento y el agua para la producción de la energía que necesitan las máquinas eotécnicas: los molinos de viento y de agua y los barcos de vela. La energía propia de esta fase es la del entorno en el que se ha de asentar la máquina. La materia prima también estará en el mismo entorno y será principalmente la madera. Las construcciones eotécnicas son habitualmente de madera ya que la producción de metal no deja de ser artesanal y, por tanto, no está tan extendido su uso como sucederá en la siguiente fase. También es propia de esta fase la utilización del vidrio para lentes, ventanas y recipientes y como innovación mecánica principal estaría la aparición y uso del reloj.

Las máquinas eotécnicas se asientan en los entornos naturales en los que están sus fuentes de energía (principalmente cauces fluviales) y conviven con esos entornos naturales en una relación que hoy llamaríamos sostenible y que Mumford valora positivamente como el mejor momento en la relación entre la civilización humana y la técnica. *“La meta de la civilización eotécnica en conjunto hasta que alcanzó la decadencia del siglo XVIII no fue el poder solamente sino una mayor intensificación de la vida: color, perfume, imágenes, música, éxtasis sexual, así como audaces proezas en las armas y el pensamiento y la exploración. En todas partes había imágenes preciosas: un campo de tulipanes en flor, el olor del heno recién segado, la ondulación de la carne bajo la seda o la redondez de pechos en ciernes, la vigorosa picadura del viento al correr las nubes de lluvia sobre los mares, o la azul serenidad del cielo y la nube, reflejados con claridad cristalina sobre la aterciopelada superficie del canal, del estanque y del arroyo. Los sentidos se refinaron uno por uno”.*

### **La fase paleotécnica.**

Iniciada a finales del siglo XVIII, la fase paleotécnica caracteriza principalmente al siglo XIX y comienza a entrar en crisis en los albores del siglo XX. El viento y el agua, propios de la fase anterior, van siendo sustituidos por el carbón como fuente de energía, mientras que la madera y el cristal dejan paso al hierro como principal materia prima. La máquina paleotécnica, la máquina de vapor en el contexto de la industria, da lugar también a profundos cambios sociales asociados con el capitalismo del que Mumford tiene la peor imagen. El equilibrio entre naturaleza y producción humana que caracterizaba a la

máquina eotécnica, se rompe en la fase paleotécnica que supone una desenfadada explotación de los recursos naturales, especialmente de las minas de hierro y carbón. De una idílica relación entre los entornos naturales y las técnicas que se asentaban en ellos, se pasa al despilfarro por la sobreexplotación de los recursos y a la degradación del medio ambiente urbano industrial con la coartada de la idea de progreso.

La civilización en la fase de la máquina paleotécnica no corre mejor suerte que la naturaleza sino que se trata a los seres humanos como otros recursos más (*recursos humanos*), generándose una explosión demográfica que conduce a un empeoramiento de las condiciones de vida. *“Con la organización a gran escala de la fábrica se hizo necesario que los obreros pudieran por lo menos leer los avisos, y a partir de 1832 se introdujeron medidas en Inglaterra para proporcionar educación a los hijos de los trabajadores. Pero con el fin de unificar todo el sistema, se introdujeron en la medida de lo posible las limitaciones características de la Casa del Terror en la escuela: silencio, ausencia de movimiento, pasividad completa, respuesta sólo ante un estímulo externo, aprendizaje rutinario, repetición como loros, adquisición de conocimientos a destajo, todas ellas dieron a la escuela los afortunados atributos de la cárcel y la fábrica combinados. Sólo un espíritu insigne podía escapar a esta disciplina, o combatir con éxito contra este ambiente sórdido. Al hacer más completa la habituación, la posibilidad de huir hacia otras ocupaciones se hacía más limitada”.*

### **La fase neotécnica.**

La fase neotécnica es la que caracteriza al siglo XX. La electricidad es la energía dominante y las aleaciones y los materiales sintéticos las materias primas de una época que tiene en los automóviles y en las redes de comunicación sus máquinas o artefactos más característicos. Del paradigma mecanicista propio del periodo paleotécnico se vuelve a un paradigma organicista que parece indicar un cierto retorno a las bondades del periodo eotécnico. La electricidad como forma de energía permite distanciar los lugares de producción energética (con diversas fuentes) de los lugares en los que se utiliza, con lo que se propicia un nuevo tipo de vida en el que las grandes fábricas van desapareciendo de los entornos urbanos. Las formas de producir electricidad son diversas (el carbón, pero también, otra vez, los ríos), como también son variadas sus posibilidades de uso: para alumbrar, para calentar, incluso, para comunicar (telégrafo, teléfono, radio y televisión).

La mirada de esta etapa detesta la negra degradación del paisaje propia del periodo paleotécnico y supone un cierto retorno a algunos de los valores estéticos propios de la fase eotécnica y, en especial, a la importancia de conservar el medio ambiente. Las nuevas posibilidades de movilidad y de comunicación entre los seres humanos, la extensión del uso de los anticonceptivos y una nueva vivencia de las relaciones sexuales entre los géneros son algunos de los aspectos positivos que la fase neotécnica supone para la vida social.

Sin embargo, Mumford también advertirá en obras posteriores contra el peligro de que en esta etapa puedan acentuarse algunos de los más perversos efectos de la máquina paleotécnica. Si la organización de la producción mantiene la lógica de poder característica de las técnicas autoritarias, el desarrollo de máquinas productivas y sociales más sofisticadas conducirá nuevamente al predominio de lo técnico sobre lo

humano, pero ahora sin la limitación al espacio de la fábrica a que estaba obligada la máquina paleotécnica. La máquina neotécnica puede devenir en *megamáquina* de organización social a escala mucho mayor (incluso planetaria) y recuperar algunos de los perfiles más siniestros de las megamáquinas sociales características de los imperios asiáticos de hace varios miles de años. En cierto modo la perspectiva crítica de Mumford anticipa algunas de las valoraciones actuales sobre los efectos del fenómeno de la globalización.

### **2.2.3. Mitcham y las actitudes ante la técnica.**

En su artículo *Tres formas de ser con la tecnología*, Carl Mitcham propone un nuevo esquema interpretativo en tres fases, aunque en esta ocasión no se trata directamente de la evolución técnica, sino de una periodización de los discursos metatecnológicos, es decir, de la imagen que lo técnico ha tenido a lo largo de la historia del pensamiento. Esta historia de la filosofía de la tecnología es el complemento a las anteriores interpretaciones de la evolución técnica desde la perspectiva del sujeto técnico: la historia del técnico en Ortega, y desde la perspectiva del objeto técnico: la historia de la máquina en Mumford. Mitcham distingue tres actitudes en la historia del pensamiento hacia la técnica: la sospecha característica del pensamiento antiguo, la promoción de la técnica propia de la modernidad ilustrada, y el desasosiego o ambigüedad hacia ella propia del romanticismo.

#### **El escepticismo antiguo.**

Mitcham encuentra en el pensamiento socrático-platónico el origen de la tradición de desprecio a lo técnico. Por su relación con lo concreto, la técnica estaría en las antípodas del ámbito abstracto que caracterizaría al verdadero conocimiento. Para Platón es precisamente con el alejamiento de lo sensible como es posible alcanzar el verdadero conocimiento. Por ello, es el iniciador de una larga tradición en la que se acepta como cierta la superioridad de lo teórico sobre lo práctico. En Aristóteles lo técnico es considerado como lo excepcional frente a lo natural. Para Aristóteles los actos técnicos son algo que no responde a las leyes que gobiernan la naturaleza, sino que las transgreden. Los movimientos técnicos no seguirían las leyes de la física (las de la *Physis*, las de la naturaleza terrestre), sino que serían excepciones a ellas. La explicación aristotélica del movimiento descarta la continuidad entre lo natural y lo artificial. Los actos técnicos dan lugar a los llamados *movimientos violentos* que constituyen la excepción a la regla de la legalidad física natural. ¿Por qué desprecia Platón la técnica? Porque la considera algo inferior que se ocupa de las cosas prácticas alejadas de los conocimientos abstractos, según él, los únicos valiosos ¿Por qué lo hace Aristóteles? Porque para él la técnica no se ajusta a las leyes que gobiernan el funcionamiento de la naturaleza sino a la voluntad humana de negar las leyes naturales y, por ello, ocuparía un lugar inferior al de la Física, la cual sería a su vez inferior a la Metafísica que se ocuparía de los otros movimientos no naturales: los movimientos perfectos que tienen lugar en el espacio celeste.

El pensamiento medieval asume los planteamientos de los dos filósofos griegos desarrollándolos en relación con su propio postulado de trascendencia: la existencia de un único Dios que explicaría toda la realidad. En la Edad Media la técnica, además de algo inferior por no ser un verdadero conocimiento y algo ajeno al funcionamiento normal de la naturaleza, es despreciada también porque se asocia a la voluntad humana de

sobrepasar los límites de la naturaleza y, aun peor, es una muestra de la soberbia reacción humana al orden establecido por Dios. No es de extrañar, por tanto, la negativa clerical ante la invitación de Galileo a mirar el cielo a través del telescopio, si tal artefacto técnico era considerado como un diabólico invento dirigido al engaño de los sentidos humanos con la apariencia de subversión en el cielo del conocido orden divino.

### **El optimismo ilustrado.**

La relación moderna con la técnica supone la superación de los prejuicios epistemológicos y valorativos anteriores. La nueva física no distingue entre leyes naturales y técnicas. Ni siquiera acepta la existencia de las dualidades platónico-aristotélicas entre dos espacios cualitativamente diferenciados: el celestial y divino (espacio de lo abstracto) y el terrenal (espacio de la naturaleza concreta). Las máquinas pueden simular el movimiento de los cuerpos terrestres o celestes, sin romper ninguna regla metafísica, porque las leyes de esos movimientos son las mismas para una piedra que cae desde lo alto, para los movimientos de los planetas (que dejan de ser *errantes*) y para los movimientos de los componentes de un reloj. Como hitos relevantes de esta nueva actitud confiada hacia la técnica cabe destacar la sustitución por Galileo de la tradicional consideración cualitativa de la física tradicional por la descripción cuantitativa de la realidad que estuvo emparejada con la construcción de artefactos técnicos; la confianza baconiana en las virtudes del nuevo método inductivo en el conocimiento y transformación de la realidad; la reivindicación de las artes mecánicas en la Enciclopedia de D'Alembert; o el optimismo social con que Hume defiende las virtudes socializadoras de las ciencias y las técnicas.

Las artes técnicas, al igual que las nuevas ciencias, dejan de ser sospechosas para convertirse en esta época en medios para el progreso humano y social. La modernidad y la ilustración confían en la racionalidad humana, en la experimentación empírica y en la invención técnica como medios para el progreso y el bienestar de la humanidad.

### **El desasosiego romántico.**

Mitcham considera que el romanticismo es la respuesta desasosegada ante las promesas de la técnica. La actitud romántica, que aparece en el siglo XIX, ponía el acento en el valor de los sentimientos frente al monopolio de la razón. Por ello, sospecha que la ciencia y la tecnología puedan llegar a ser autónomas volviéndose contra la voluntad de los hombres. El romanticismo es un claro ejemplo de esta nueva actitud hacia el desarrollo de la técnica en la que más que rechazo produce desasosiego por la autonomía imprevista que puede llegar a tener. El *Frankenstein* de Mary Shelley es seguramente el primero de una serie de planteamientos en los que se advierte de los potenciales peligros de un desarrollo técnico sin límites. El mito de la rebelión de la máquina sigue esa senda abriendo un género que tanto trabajo ha dado a novelistas y directores de cine a lo largo del siglo XX. Esa actitud romántica sigue siendo uno de los componentes de muchas de las reflexiones filosóficas sobre la tecnología a lo largo de ese siglo. Cabe interpretar así, por tanto, a muchos de los autores que han reflexionado sobre la tecnología en nuestro presente. Tanto Ortega como Mumford han denunciado los riesgos en el desarrollo de la tecnología moderna. Ortega enfatizó la indeterminación de la condición humana a la que conduce la técnica. Mumford denunció lo inhumano de la cultura paleotécnica y advirtió de los peligros de las modernas tecnologías de

organización social que podrían hacer reaparecer en el futuro las formas de vida de los esclavos que levantaron las pirámides.

### 3. El proceso tecnológico

#### 3.1. Invención y cambio tecnológico.

Independientemente del modo en que se analice la evolución de las tecnologías, es indudable que desde la aparición de los seres humanos en el planeta hasta los comienzos del tercer milenio se ha dado un proceso de cambio y desarrollo tecnológico de enorme magnitud. Con el paso de los siglos los seres humanos han desarrollado las tecnologías en dos sentidos: produciendo cada vez más artefactos tecnológicos y haciéndolos cada vez más complejos. Desde la época en que las herramientas de piedra utilizadas por los homínidos se diferenciaban poco de lo que se conocen como *culturas animales*, hasta el momento actual en que la visión que se tiene del territorio al contemplarlo desde un avión muestra las huellas de la actividad tecnológica humana por doquier, ha habido un continuado proceso de extensión de los artefactos tecnológicos por todo el planeta y una progresiva complejidad en los mismos.

El cambio tecnológico es un hecho innegable. Incluso cabe decir que el cambio y la innovación son características esenciales de la propia actividad técnica. La tecnología cambia la relación de los seres humanos con su entorno introduciendo novedades que les permiten una mejor satisfacción de sus necesidades naturales o, incluso, la liberación de las servidumbres impuestas por esas necesidades. Pero en la introducción de novedades es precisamente en lo que consiste la idea de innovación. Por tanto, una tecnología que no innove, que no cambie, resulta impensable ya que la transformación es parte de la propia esencia de la actividad tecnológica.

El fuego, el hacha, la rueda, el arado, el reloj, la imprenta, el telescopio, el microscopio, la máquina de vapor, el ferrocarril, el automóvil, el ordenador o las redes digitales de comunicación son algunos ejemplos de artefactos que marcan hitos en el proceso de cambio tecnológico por las importantes consecuencias que han tenido en las formas de vida humana. De hecho, puede decirse que cada uno de esos artefactos, y otros muchos más, han dado lugar a verdaderas revoluciones tecnológicas. La revolución neolítica, la revolución industrial o la revolución de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, son algunos de esos momentos en los que los cambios tecnológicos se consideran revolucionarios por la transformación radical de las formas de vida humana. Así, junto a una evolución continuada del desarrollo tecnológico desde la prehistoria hasta nuestros días, se dan momentos cruciales en los que el cambio tecnológico es verdaderamente revolucionario (el siglo XX suele ser considerado como la mejor muestra de ello).

¿Por qué aparecen esos artefactos tecnológicos que revolucionan en un momento dado las formas de vida? ¿Cuál es la clave del cambio tecnológico? Tradicionalmente estas preguntas han tenido una respuesta evidente: la invención. Con la idea de que el ser humano es más *homo sapiens* que *homo faber*, se suele considerar que la causa del cambio tecnológico está en la inteligencia humana. Se suele decir que los científicos descubren y los ingenieros o tecnólogos inventan. Ambos compartirían una capacidad para encontrar soluciones nuevas a los viejos problemas y, en este sentido, tanto los

descubridores de nuevos conocimientos como los inventores de nuevos artilugios compartirían con los exploradores de nuevos territorios la imagen heroica de una cierta genialidad individual. Galileo, Kepler, Harvey (o Servet), Darwin, Ramón y Cajal, el matrimonio Curie o Einstein serían, por el lado de los científicos, individuos geniales que habrían ampliado de forma heroica las fronteras del conocimiento. Por su parte, Leonardo, Guttemberg, Watt, Edison, De la Cierva, Fleming y hasta Bill Gates, serían también nombres a los que debemos agradecer la aparición de artefactos tecnológicos de gran utilidad. Unos y otros comparten la heroica imagen que los niños europeos han tenido de Alejandro Magno, Marco Polo, Colón, Magallanes, Amudsen, Scott y Armstrong. Todos ellos serían personajes históricos de gran relevancia en la exploración de nuevos territorios, en la invención de nuevos artefactos o en el descubrimiento de nuevos saberes. Entonces, si sabemos que la invención de las máquinas voladoras, la imprenta, la máquina de vapor, la bombilla, el autogiro, la penicilina o algunos programas informáticos corresponden a la capacidad de personajes identificables ¿por qué no suponer que detrás de todos los artefactos tecnológicos hay siempre individuos geniales? Aunque desconocidos, seguramente podría haber también geniales inventores para el fuego, el hacha, la rueda, el arado, el reloj y tantos otros artefactos revolucionarios.

La idea de que el cambio tecnológico se asocia con la invención individual es sugerente. De hecho, permite recorrer o imaginar la historia de la tecnología en la forma de un relato heroico, como nos tienen acostumbrados algunas versiones de la historia de las culturas. Imperios, batallas y conquistas suelen asociarse a reyes, lugares y fechas llenando las páginas de los libros escolares en los que millones de niños han estudiado la historia local y universal. La *historia* se cuenta como un relato con personajes y acontecimientos destacables, ¿por qué no suponer que la historia de la ciencia y la tecnología se pueden narrar también como una sucesión de inventores e invenciones singulares?

Además, igual que al lado de la historia profana habría una historia sagrada con características casi literarias, podríamos imaginar situaciones heroicas para la invención de los artefactos anónimos (la epopeya que nos muestra la película *En busca del fuego*, la reivindicación de la invención de la rueda o el arado por algún antepasado que habitara nuestro entorno geográfico y cultural...) Indudablemente este planteamiento de la invención genial como explicación de los procesos de cambio tecnológico resulta apropiado para la creación de relatos históricos que resulten sugestivos para las mentes infantiles. Tanto como la versión heroica de la historia de la ciencia o de las culturas que se ha presentado muchas veces a los niños en las escuelas y que no se separa mucho de los modos en que se enseñaba tradicionalmente la historia sagrada.

Sin embargo, al margen de su indiscutible valor para cautivar la imaginación infantil (con el peligroso efecto de mantener también cautiva la racionalidad adulta), todos estos modos heroicos de presentar los procesos de evolución histórica de las culturas, las ciencias y las tecnologías no son más que una falsificación de los mismos. La invención por parte de individuos geniales como explicación del cambio tecnológico es tan inadecuada como la explicación del desarrollo de la ciencia por los descubrimientos de los grandes científicos o la explicación del cambio social aludiendo a los actos de reyes y emperadores. En los tres casos se mitifica a los individuos como protagonistas de los procesos históricos obviando los componentes sociales y materiales que intervienen en esos procesos.

Armstrong fue quien pisó la luna el 20 de Julio de 1969. Su nombre, la imagen de su huella y esa fecha serían relevantes en la descripción individual y heroica de la historia de las exploraciones (igual que el 12 de Octubre de 1492, el grito de ¡Tierra! y el nombre de Cristóbal Colón lo serían cinco siglos antes). Sin embargo, si queremos explicar esos hechos y no sólo describirlos, los nombres individuales, las fechas precisas y los acontecimientos singulares deben dejar paso a un análisis más complejo de los procesos. En la explicación de la expedición del Apolo a la Luna debería aludirse a los complejos y largos programas espaciales de la NASA y, si se quiere entender aún mejor las razones de los mismos, habrá que tener en cuenta el contexto sociopolítico de la guerra fría entre EE.UU. y la U.R.S.S., así como la necesidad de presentar a los medios de comunicación internacionales ejemplos espectaculares en la Luna de la superioridad estadounidense en la Tierra (el acontecimiento de 1492 debería explicarse aludiendo a las necesidades de expansión comercial europea y las consecuencias que ello tuvo para todos los seres humanos implicados en ese proceso -también para los supuestamente *descubiertos* por los supuestos *descubridores*-).

Las claves del cambio científico y tecnológico no se encontrarían en la psicología de individuos geniales a los que muchas veces se presenta como encarnación de las virtudes de un pueblo o una cultura determinada. La explicación de los procesos de cambio tecnológico es justamente la contraria y debe tener en cuenta, por tanto, que la invención sólo es fértil cuando existen las condiciones sociales y materiales para ello. El origen egipcio de los conocimientos geométricos no se explica por unas especiales capacidades intelectuales de ese pueblo, sino por la necesidad de contar con un grupo social especializado, los agrimensores, que fueran capaces de trazar, tras cada crecida del Nilo, los límites de los campos de cultivo. La geometría aparecerá de forma más probable en las culturas agrícolas asentadas en las riberas de los grandes ríos, que en culturas de cazadores-recolectores que tienen en el bosque su lugar de vida. Y ello no porque la dieta vegetal predisponga para la aparición de genios en geometría o porque los dioses o los genes hayan dado a los egipcios capacidades singulares para la trigonometría y para el diseño de pirámides, sino porque para la caza no tiene ninguna utilidad saber trazar ángulos, mientras que para la agricultura en esos lugares sí la tiene. Igualmente, los conocimientos de astronomía serán desarrollados con más probabilidad en sociedades que utilicen la navegación para el comercio y, por tanto, deban disponer de técnicas para orientarse en el mar abierto que en los pueblos dedicados a la ganadería, para los que el cielo estrellado no sería más que un motivo de entretenimiento nocturno.

Del mismo modo, la explicación última de por qué las técnicas para hacer fuego o el uso de la rueda para el hilado, la alfarería o el transporte han sido útiles para los seres humanos de hace miles de años no debería buscarse en la hipotética existencia de inventores anónimos que propiciarían tales hallazgos, sino en las ventajas sociales y materiales de la adopción de esos instrumentos técnicos para cada modo de vida. Así, puede entenderse por qué un mismo artefacto, por ejemplo la rueda, ha podido ser conocido de modo independiente por diversas culturas que lo utilizarían, sin embargo, para usos muy diversos en función de sus necesidades y de las posibilidades de satisfacción de las mismas que tal artefacto propicie. No hay que esperar a la difusión de los inventos ni a la aparición de genios inventores. Cuando las condiciones materiales y sociales lo permiten los inventores aparecen pronto: la necesidad agudiza el ingenio.

Quizá el más curioso de los inventos sobre la tecnología sea explicar el cambio tecnológico por la invención de unos individuos geniales.

### **3.2. Innovación, desarrollo tecnológico y contexto social.**

Si la idea de invención resulta inapropiada como explicación del cambio tecnológico a lo largo de la historia, todavía es menos pertinente para entender la aceleración e importancia que ese proceso ha tenido desde el siglo pasado. Hoy sería absurdo pretender identificar qué individuos geniales están determinando la revolución de las llamadas *nuevas tecnologías de la información y la comunicación* o quiénes son los científicos individuales que están explorando las nuevas fronteras de la genética y la biología molecular. El siglo XX ya no fue un siglo de científicos heroicos y ingenieros geniales. Los nombres propios que todavía marcaron sus primeras décadas se diluyeron en su segunda mitad en programas y equipos organizados para la investigación y el desarrollo tecnocientífico de forma mucho más compleja. De hecho, a finales del siglo XX las fronteras entre la investigación científica y el desarrollo tecnológico fueron desapareciendo. Las viejas certezas de las teorías científicas clásicas dejaron paso a un nuevo papel social de la ciencia en la *sociedad del riesgo*. Ahora la ciencia no es tan útil por lo que nos cuenta sobre la realidad natural, sino por lo que nos anticipa sobre la realidad que tecnológicamente podemos construir. Y esa previsión de los efectos para la salud y el medio ambiente o el análisis de los cambios sobre las formas de vida derivados de la actividad tecnocientífica, tan importante para la sociedad, incorpora incertidumbres que los informes científicos no pueden despejar de modo definitivo. *Ciencia reguladora* o *ciencia posnormal* son los nombres que se ha dado a esta nueva situación de la actividad científica.

Por su parte, la actividad tecnológica tiene un modo de organización muy alejada de la idea de inventor encerrado en el taller y rodeado de cacharros. La relación de la actividad tecnológica con la producción, con la actividad económica, con la política, con la investigación básica, con la sociedad y con la naturaleza es de tal complejidad que, al abordar su funcionamiento, el término *tecnología* debe ser sustituido por expresiones como *sistema tecnológico* o *complejo tecnológico*. Con ellas se pretende aludir a la gran complejidad de elementos y relaciones existentes en el desarrollo de la actividad tecnológica actual. La tecnología no es ya meramente una cuestión propia de los técnicos, sino que en su desarrollo confluyen o compiten intereses e iniciativas diversas que conforman ese complejo tecnológico. Entre los elementos presentes en ese complejo podrían identificarse la empresa, la investigación, el estado y la financiación económica.

La *empresa* ha sido uno de los escenarios en los que se ha hecho más tangible la importancia de la actividad tecnológica. Desde la vieja fábrica industrial detestada por Mumford, hasta las modernas empresas de diseño o publicidad, la actividad productiva ha venido incorporando tecnología en su desarrollo. De hecho, ya desde el siglo XIX se han manifestado las consecuencias contradictorias del matrimonio entre la tecnología y la empresa. Por una parte, la mayor eficacia y eficiencia en la producción se da cuando se introducen tecnologías que permiten automatizar, simplificar y mejorar los procesos productivos. Sin embargo, esa misma mejora en la actividad productiva que lleva a la supervivencia de la empresa y el beneficio empresarial en un contexto altamente competitivo, supone a la vez la reducción de los puestos de trabajo o su precarización al poder trasladarse las empresas a los lugares en los que las condiciones laborales de los

trabajadores sean más ventajosas para ellas. Esta contradicción que ya se manifestaba con toda su crudeza en el siglo XIX llevó a los trabajadores de aquella época a dos tipos de acciones según su percepción sobre quién era su principal enemigo. Por una parte, la destrucción sistemática de las máquinas en las empresas por parte de los llamados "luditas" (movimiento iniciado por obreros británicos de la industria textil que siguiendo a Ned Ludd se organizaron en la segunda década del siglo XIX para destruir las máquinas a las que culpaban de la pérdida de sus puestos de trabajo). Por otra, la organización del movimiento obrero que reclamó la propiedad colectiva de los medios de producción. El fracaso, completo de los primeros y relativo de los segundos, se ha podido comprobar por la intensificación de la alianza entre empresa (ahora con capital anónimo) y tecnología que ha dominado la actividad productiva a lo largo del siglo XX.

El desarrollo tecnológico tiene también en los equipos de *investigación* uno de sus elementos primordiales. En este sentido, hace tiempo que entró en crisis la idea tradicional de una investigación básica dedicada a indagar sobre los problemas propios del paradigma de cada ciencia con independencia de su posible aplicación tecnológica. La financiación de los costosos programas de investigación básica ha impuesto condiciones sobre las líneas a las que deben ir dirigidos y ha condicionado su continuidad a la utilidad de sus resultados. De este modo, la idea de una investigación autónoma en sus fines, que se desarrolla dentro de las universidades y en los centros públicos de investigación básica, ha dado paso a un nuevo modelo en el que tan importante como la obtención de nuevos conocimientos es la posibilidad de transferirlos a la actividad productiva haciéndolos operativos para el desarrollo de tecnologías innovadoras. La transferencia tecnológica desde los laboratorios de investigación a los contextos reales de la empresa (el llamado *interface ciencia-empresa*) es una de las cuestiones centrales en la relación entre la investigación básica y el desarrollo tecnológico. Incluso los programas de investigación básica más ambiciosos no se limitan al contexto local de la universidad o centro de investigación en el que se realizan, sino que se integran en proyectos compartidos a nivel internacional.

Los propios *estados* han asumido en el siglo XX la necesidad política de propiciar programas de investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) de interés nacional. Aunque la denominación como programas de I+D es más reciente y goza de mejor prensa, el interés de los estados por promover una investigación que conduce a desarrollos tecnológicos de interés para el país se remonta, al menos, a la segunda guerra mundial. El proyecto Manhattan para la construcción por los norteamericanos de la primera bomba atómica podría ser considerado como una apuesta nacional para promover una investigación orientada por un fin práctico (aunque, al final, el logro de ese fin y su aplicación fuera tan funesta para tantas personas). Durante la guerra fría uno de los principales ámbitos en los que los grandes países han promovido investigaciones y desarrollos tecnológicos ha sido el de la industria bélica que durante muchos años fue considerada prioritaria en las inversiones públicas en ciencia y tecnología. De hecho, son las tecnologías bélicas uno de los casos más claros de lo que se denomina *atrincheramiento tecnológico*, es decir, del modo en que una tecnología, por el mero hecho de existir acaba haciéndose imprescindible al crear por ella misma las condiciones que la mantienen como necesaria: cuanto más me armo frente al enemigo más se armará él y, por tanto, más me tengo que armar yo. Los automóviles, los teléfonos celulares y los ordenadores podrían ser otros ejemplos más populares de atrincheramiento tecnológico. Actualmente, la relevancia del desarrollo tecnocientífico para el futuro de un país ha

llevado a promover desde los departamentos gubernamentales de ciencia y tecnología la organización de planes nacionales de I+D para fortalecer la innovación tecnológica de cada país en relación con sus necesidades prioritarias.

El marco en el que hoy juegan su papel las empresas, los equipos de investigación y hasta los propios estados ha sido radicalmente transformado por la estrecha relación entre la *economía* y la tecnología. La actividad económica y tecnológica comparten a comienzos del siglo XXI el calificativo de *nuevas*. Se habla de *nueva economía* para aludir al escenario económico que ha supuesto la globalización de la mano de las llamadas *nuevas tecnologías*. De hecho, se ha producido una estrecha alianza entre estas tecnologías, que han creado otras formas de acceso a la información y han desarrollado redes planetarias de comunicación, y la economía actual en la que los capitales y las empresas están deslocalizados y se mueven por el planeta con toda la rapidez y facilidad que les permiten las nuevas tecnologías. En este sentido, las formas de investigación, el papel de los estados y la propia actividad de las empresas procedentes del modelo industrial tradicional han sufrido en los últimos años un cambio radical. La economía globalizada en la que los capitales se mueven con libertad absoluta por el mundo (no así todas las personas ni todas las mercancías) limita las posibilidades de control de los estados, condiciona las prioridades en las líneas de investigación y coloca a las empresas tradicionales en una situación no muy distinta a la sufrida por los obreros decimonónicos con la llegada de las máquinas automáticas a sus fábricas. Las nuevas tecnologías podrían permitir la democratización del acceso a la información y, por tanto, la mejora en la calidad de vida de los seres humanos, pero con el desarrollo de la nueva economía que aquellas tecnologías también hacen posible, pueden aparecer formas inéditas de desigualdad social a escala planetaria.

Todo lo anterior lleva a identificar dos nuevos elementos que deben ser tenidos en cuenta al abordar las claves del proceso tecnológico pero que no siempre aparecen cuando se exponen los elementos del sistema o complejo tecnológico: la *sociedad* y la *naturaleza*. Ambas son presentadas en muchas ocasiones como los destinatarios de la actividad tecnológica. La sociedad aparece como el potencial cliente o usuario de la producción tecnológica quedando para la naturaleza el papel de recurso o territorio en el que se da la transformación tecnológica para la satisfacción de las necesidades o demandas (reales o inducidas) de las sociedades. Una sociedad concebida como potencial cliente, una naturaleza reducida a la función de recurso y una tecnología que induce demandas sociales a la par que las satisface explotando la naturaleza han acabado configurado el triángulo sobre el que se asienta la nueva economía globalizada.

## 4. El valor de la tecnología

### 4.1. Tecnófilos y tecnófobos.

Frecuentemente se considera que la tecnología tiene un desarrollo autónomo, es decir, que progresa intentando producir cada vez más y mejores artefactos de acuerdo con criterios de eficacia exclusivamente técnica. Desde las viejas ruedas prehistóricas hasta los diseños de las modernas bicicletas o los automóviles del futuro se habría ido dando una evolución lineal de las tecnologías productoras de los artefactos móviles en busca de la mayor eficacia técnica. La idea de la *tecnología autónoma* corresponde precisamente a esta visión habitual: la suposición de que el desarrollo tecnológico sigue una trayectoria

independiente de factores sociales externos. Asociada a esta idea está también la consideración de que es la sociedad la que se ve determinada por el desarrollo tecnológico y no al revés. A la pregunta sobre cómo será el mundo dentro de cien o doscientos años, seguramente habrá quien imagine los nuevos aspectos tecnológicos que se habrán desarrollado para entonces y cuáles serán sus incidencias sobre la sociedad y las formas de vida humana. Habrá también quien piense que para entonces habrá remedios para el cáncer y que los años de vacunación contra el SIDA habrán erradicado el VIH. Quizá alguien llegue a imaginar que los fines de semana será fácil ir a la Luna a hacer deporte o a contemplar desde allí el viejo planeta azul. Sin embargo, otros considerarán la posibilidad de que las tecnologías de la guerra bacteriológica hayan introducido nuevas enfermedades terribles, que la modificación genética nos deshumanizará y que, incluso, es posible que la vida en el planeta haya desaparecido por la sobreexplotación de los recursos naturales y las catástrofes ecológicas derivadas de la aplicación insensata de las modernas tecnologías. Tanto los optimistas como los pesimistas sobre nuestro futuro están de acuerdo en una cosa: que la evolución autónoma de la tecnología determina de forma inexorable las formas de vida sociales. Esta idea se conoce como *Determinismo tecnológico*.

La consideración de la autonomía de la tecnología conduce a la aceptación del determinismo tecnológico y éste a una actitud radicalmente confiada o despreciativa hacia la tecnología. Esta imagen según la cual la tecnología es un poder independiente de la voluntad humana y que, una vez puesta en marcha, se desarrolla siguiendo sus propias leyes es muy clásica y hace de ella algo comparable a los poderes sobrenaturales que provocan seguridad (cuando se suponen propios de un dios benefactor) o terror (cuando se imaginan controlados por fuerzas demoníacas). *Tecnófilos* y *tecnófobos* conforman, por tanto, las dos caras valorativas de la moneda tecnológica. Los tecnófilos suponen que la tecnología es algo similar al genio que sale de la lámpara de Aladino, con sólo frotarla (invertir en tecnología) y formular nuestros deseos su cumplimiento estará asegurado eternamente. Por contra, los tecnófobos consideran que el genio tecnológico no es tan magnánimo sino que se parece más al doctor Frankenstein cuya tendencia a experimentar le lleva a producir monstruos tecnológicos que tienen efectos que escapan a su control. Si para los tecnófilos los sueños de los seres humanos se verán siempre realizados con el uso de la razón tecnológica, para los tecnófobos el sueño de esa razón tecnológica produce monstruos.

¿Quién tiene razón? ¿Qué valor tiene la tecnología? ¿Conduce al bienestar y a la felicidad de los humanos o supone la deshumanización y pone en peligro la vida en el planeta? Hay relatos literarios y guiones cinematográficos que ilustran los dos planteamientos enfrentados. Si se busca mayor objetividad y se analizan los propios artefactos para saber si son divinos o diabólicos también se encuentran pruebas a favor de ambos planteamientos. Las biotecnologías aplicadas a la agricultura y la ganadería aumentan la producción de alimentos, pero a costa de introducir daños en el medio ambiente y riesgos para la salud de difícil previsión. Hay terapias sumamente sofisticadas que permiten curar enfermedades que hasta hace poco eran necesariamente mortales, pero no se investiga tanto sobre las enfermedades que matan a más personas como sobre las que afectan a las más adineradas. Las nuevas tecnologías de la comunicación hacen también posible el acceso a la información y a la cultura permitiendo comunicar con facilidad a las personas independientemente de donde vivan. Pero también han provocado que los delincuentes actúen con más rapidez y libertad en el mundo

escapando de la justicia de los países. Hay pruebas tecnológicas a favor de los tecnófilos como las hay también que dan la razón a los tecnófobos. Incluso, en muchas tecnologías aparentemente inocentes pueden encontrarse razones para defender su utilidad o para rechazarlas a poco que se analicen con más detalle. La decisión sobre la altura de un puente o la utilidad de los automóviles para desplazarnos con rapidez pueden ser puestas en entredicho si esos artefactos son considerados con un poco más de detalle del que es habitual.

La *tecnofilia* y la *tecnofobia* son actitudes radicales frente a la tecnología. Ambas surgen de considerarla como algo independiente de la sociedad (*tecnología autónoma*) y con consecuencias inexorables sobre ella (*determinismo tecnológico*). Pero esta imagen de las relaciones entre tecnología y la sociedad es incorrecta. La tecnología no está exenta de valores sociales, sino que los incorpora en su propio desarrollo (incluso al diseñar puentes o producir automóviles). Lo que sucede es que esas decisiones sociales que están dentro de la propia tecnología tienden a ocultarse para el público haciéndose pasar por decisiones técnicas propias de expertos. Por el contrario, si se valoran las consecuencias sociales de una actuación tecnológica, sus efectos sobre el medio ambiente o sobre la sociedad dejarán de parecer inevitables. Para ello, sólo es necesario asumir que en la evaluación de las tecnologías y en las decisiones que orienten sus líneas de actuación, además del juicio de los expertos, ha de contarse también con la opinión de todos los sectores sociales afectados. El hecho de que los intereses de los ciudadanos sean muchas veces diversos y hasta enfrentados es una razón más para profundizar en la gestión democrática de las decisiones tecnológicas. Sin embargo, los más poderosos tienden a imponer sus criterios en relación con el desarrollo tecnológico intentando clausurar los debates públicos sobre los efectos de determinadas tecnologías y acudiendo, para ello, a la supuesta objetividad de los expertos.

El radicalismo tecnófilo y tecnófobo surge cuando no es posible la participación pública en las decisiones sobre el desarrollo tecnológico y se acepta la falsa imagen de que los juicios sobre la tecnología no están al alcance de la mayor parte de los humanos, los cuales acaban considerándola, por tanto, como un bien divino o como un mal diabólico. Pues bien, ni lo uno, ni lo otro. La tecnología es un producto humano y como tal revela los valores e intereses propios de los humanos. Reconocerla así hace posible que su desarrollo responda a los intereses y deseos de la mayoría. Porque nada humano nos es ajeno, no podemos dejar que la tecnología nos lo parezca.

#### **4.2. Evaluación de tecnologías y participación pública.**

La tecnología tiene un enorme valor para las sociedades. Pero la tecnología también incorpora diversos valores sociales. Los juicios de valor no son, por tanto, ajenos a la tecnología. La tecnología es susceptible de valoración, es decir, es evaluable. *“La ciencia descubre, el genio inventa, la industria aplica y el hombre se adapta o es modelado por las cosas nuevas. Individuos, grupos, razas enteras de hombres caminan al paso que marcan ciencia e industria”*. Esta idea, recogida en la Guía de la Exposición Universal de Chicago de 1933, es claramente inaceptable a comienzos del siglo XXI. Las sociedades democráticas no aceptan ser guiadas por el desarrollo autónomo de la tecnología. Los grandes logros tecnocientíficos del siglo XX han evidenciado el gran valor social de la ciencia y la tecnología, pero durante ese mismo siglo se ha puesto de manifiesto su capacidad para provocar graves daños a los seres humanos y enormes desastres

medioambientales. Los criterios de eficacia y de eficiencia económica no pueden ser los únicos patrones que orienten el desarrollo tecnológico. Las sociedades democráticas exigen que, en la valoración de las propuestas de desarrollo tecnológico, se tengan en cuenta también otros criterios y exigen que las decisiones sobre los desarrollos tecnológicos se abran al debate público para permitir la participación de todos los implicados y afectados.

La evaluación de las tecnologías es, por tanto, algo común en las sociedades democráticas. Antes de definir el trazado de una autovía (o de decidir que es mejor tal opción que el ferrocarril como solución a los problemas del transporte), de instalar una central nuclear para la producción de energía, de aprobar la experimentación con nuevos fármacos con los que mejorar las terapias médicas o de proyectar el futuro de un espacio urbano para el crecimiento de una ciudad, por poner distintos ejemplos, conviene evaluar los efectos previsibles de cada una de las opciones sobre el entorno y la vida de las personas. En cada una de esas decisiones de desarrollo tecnológico existen alternativas diversas, cada una de las cuales puede tener costes y consecuencias también diferenciados.

En muchos casos, la *evaluación clásica de tecnologías* se ha reducido a analizar la ecuación entre los costes y los efectos de cada opción para elegir la más apropiada. En este sentido, la evaluación de las consecuencias de una tecnología tiende a ser identificada con la evaluación de los impactos y su eventual aceptación en función de los beneficios esperados de esa tecnología. Pero ¿quién puede juzgar cuándo los beneficios compensan los efectos negativos o los riesgos que han de asumirse? ¿los expertos? ¿los beneficiados por esa tecnología? ¿los que sufrirían sus efectos negativos? El análisis coste-beneficio, con o sin cálculo de los riesgos inherentes, es la forma más habitual en la evaluación de tecnologías y en los estudios de impacto ambiental que realizan las empresas privadas o las administraciones públicas. Es frecuente que tales estudios no busquen el asesoramiento para una toma de decisiones realmente abierta a diversas opciones, sino que sólo sirvan para justificar y hacer asumible por el público decisiones que han sido tomadas previamente. En muchos de esos informes de evaluación tecnológica se han minimizado los riesgos potenciales o efectos negativos para el medio ambiente o las personas y se han destacado los beneficios derivados de un desarrollo tecnológico determinado. Ello ha supuesto cierto descrédito para los modelos clásicos de evaluación de tecnologías basados en informes de expertos. Por el contrario, son cada vez más frecuentes las iniciativas ciudadanas espontáneas u orientadas por organizaciones no gubernamentales que se enfrentan al desarrollo de propuestas tecnológicas que consideran nocivas o peligrosas, alegando sus propios informes y valoraciones.

El desigual reparto de los destinatarios de los beneficios y de los riesgos del desarrollo tecnológico, el desequilibrio en los plazos temporales con los que se ha de contar para comparar unos y otros, y la incertidumbre que hay que asumir en muchos casos, han supuesto la aparición de modelos alternativos frente a la evaluación clásica de tecnologías. La llamada *evaluación constructiva de tecnologías* tiene un marcado carácter participativo y se centra, no tanto en la valoración de la aplicación en un determinado entorno de una tecnología ya desarrollada, sino en el propio proceso de construcción o desarrollo de esa tecnología. Es, por tanto, un modelo que anticipa los efectos de un desarrollo tecnológico e incorpora los juicios técnicos de los expertos al lado de las

valoraciones e intereses de los profanos que se ven afectados. Se trata, así, de una apuesta por la participación pública a todos los niveles en el control de las decisiones que orientan el desarrollo tecnológico y, por tanto, supone la democratización y el protagonismo social en el mismo. Es indudable que, para hacer posible dicha participación democrática, los ciudadanos deben estar informados e interesados en los temas relacionados con las controversias tecnocientíficas. La existencia de una educación científica y tecnológica en la que los temas, casos y problemas se traten de un modo socialmente contextualizado es la condición para hacer viable esa participación pública que acerque a la sociedad y democratice las decisiones sobre el desarrollo de la tecnología.