

Pedro Ruiz-Castell

# Historia de la tecnología a través de veinte objetos

Ilustraciones de Isabel Gálvez



Institut d'Innovació  
Alifons el Magnànim  
Centre Valencià  
d'Estudis i d'Investigació

[75anys]

VALÈNCIA, 2023



COL-LECCIÓ URÀNIA

Direcció editorial: Vicent J. Martínez

© 2023, Pedro Ruiz-Castell

© 2023, de las ilustraciones: Isabel Gálvez Sainz de Cueto

© 2023, de esta edición:

Institució Alfons el Magnànim -

Centre Valencià d'Estudis i d'Investigació

Diputació de València

Corona, 36 – 46003 València

Tel. +34 963 883 169

[contacte@alfonselmagnanim.com](mailto:contacte@alfonselmagnanim.com)

[www.alfonselmagnanim.net](http://www.alfonselmagnanim.net)

Ilustraciones interiores y de la cubierta: Isabel Gálvez

Diseño de la colección y maquetación: Javier Pérez Belmonte

Tipografía: IBM Plex Serif, de Mike Abbink i Bold Monday; Bulo

Rounded, de Jordi Embodas. En el interior, papel Printset

Ivori de 90 gramos y en la cubierta Image Silk de 350 gramos

Impresión: S&R Comunicació

ISBN: 978-84-1156-014-6

Depósito legal: V-2348-2023

*A mi familia*

## Índice

<i>Prólogo</i> .....	15
<b>Introducción. La tecnología y su historia</b>	
La problemática del término .....	19
El estudio de la evolución tecnológica .....	20
¿Qué es la tecnología?.....	22
<b>1 El fuego. Entre el descubrimiento y la invención</b>	
El fuego y el ser humano .....	25
La producción y el dominio del fuego .....	26
Técnicas derivadas: calefacción, iluminación y cocina	28
La naturaleza del fuego .....	31
Otras técnicas prehistóricas .....	32
<b>2 La rueda. Innovación y cultura</b>	
Los orígenes de la rueda .....	37
Inevitabilidad, superioridad y aplicabilidad universal	38
Investigación e innovación como respuesta cultural ...	41
Cultura y diversidad tecnológica .....	43
<b>3 El papiro. El aprovechamiento del medio</b>	
Las civilizaciones fluviales y la escritura.....	45

El auge del papiro .....	47
La aparición del pergamino y el papel .....	50
Otros desarrollos técnicos egipcios .....	52
<b>4 El hormigón. El desarrollo urbanístico y la expansión territorial</b>	
La Antigüedad clásica.....	55
Expansión territorial y desarrollo urbanístico .....	56
El hormigón romano.....	58
El redescubrimiento del cemento hidráulico .....	59
<b>5 El estribo. La importancia de la tecnología militar</b>	
El mito de los tiempos oscuros.....	63
La tecnología medieval.....	64
El estribo y su impacto.....	66
La guerra como estímulo para el desarrollo tecnológico .....	68
<b>6 El reloj mecánico. Las relaciones entre ciencia, tecnología y religión</b>	
Interrelación, complementariedad y conflicto.....	73
Los monasterios y el reloj mecánico .....	75
La difusión del reloj.....	78
El reloj y la modernidad.....	82
<b>7 La brújula. El contacto cultural y la transferencia tecnológica</b>	
El comercio por mar .....	85
La brújula en Europa .....	87
Encrucijadas .....	90
El contacto entre culturas.....	91

<b>8</b>	<b>La imprenta. La circulación del conocimiento</b>	
	Transferencias .....	95
	El papel y la estampación .....	96
	La solución de Gutenberg.....	98
	La difusión de la información .....	102
	El inventor como héroe cultural .....	103
<b>9</b>	<b>La selfactina. El conflicto como estímulo de la innovación</b>	
	La industria textil inglesa.....	107
	La selfactina.....	108
	Conflicto industrial y cambio tecnológico.....	110
	Innovación frente a la escasez .....	112
<b>10</b>	<b>La máquina de vapor. La industrialización</b>	
	La Revolución Industrial.....	117
	La máquina de vapor .....	118
	El transporte.....	121
	Salud y medioambiente.....	124
<b>11</b>	<b>La bombilla. Los sistemas tecnológicos y la electrificación</b>	
	La importancia del telégrafo .....	129
	La iluminación eléctrica .....	131
	Más allá de la bombilla.....	134
	Los sistemas tecnológicos.....	137
<b>12</b>	<b>El plástico. Artificialización y contaminación</b>	
	El éxito de la industria química .....	139
	Los problemas de contaminación.....	140
	La historia de los plásticos.....	143
	La transformación de la imagen pública .....	145

<b>13 La radio. El mito de la tecnología como ciencia aplicada</b>	
La relación entre ciencia y tecnología.....	149
El electromagnetismo .....	150
Las ondas hertzianas.....	152
El negocio de la radio.....	155
<b>14 La fotografía. Entre la investigación y el ocio</b>	
Los orígenes de la fotografía.....	159
La objetividad .....	161
Los aficionados.....	163
El ocio y el negocio.....	166
<b>15 El teléfono. Litigios sobre patentes e ideología de los objetos</b>	
El éxito del telégrafo .....	169
El inventor del teléfono.....	171
Las patentes .....	172
Objetos con ideología .....	175
<b>16 El motor de combustión interna. La relación entre necesidad e invención</b>	
¿Por qué inventamos? .....	179
El transporte motorizado.....	180
El triunfo de la gasolina .....	183
Un transporte de masas.....	186
<b>17 El frigorífico. Las relaciones entre tecnología y género</b>	
Tecnología y género .....	189
La producción artificial de frío .....	190
Las mujeres y los frigoríficos .....	191
La economía doméstica .....	194

<b>18 La bomba atómica. Grandes proyectos científico-tecnológicos</b>	
La megaciencia.....	199
El Proyecto Manhattan.....	200
La producción de la bomba atómica.....	202
Cuestión de responsabilidad.....	206
<b>19 El transistor. La miniaturización de los dispositivos electrónicos</b>	
La miniaturización .....	209
El transistor .....	210
El circuito integrado .....	213
Las cajas negras .....	215
<b>20 El ordenador. La inteligencia de las máquinas</b>	
Organización y burocracia .....	219
Los orígenes de la informática moderna .....	222
La guerra y la criptografía .....	223
El juego de la imitación .....	226
<b>Epílogo. Los riesgos de la tecnología</b>	
La sociedad de riesgo .....	231
El estudio de la catástrofe.....	232
La explotación de la naturaleza .....	234
<b><i>Bibliografía</i></b> .....	237

## Prólogo

Un tanto alejado de las tradicionales historias de las técnicas, este libro pretende facilitar una breve introducción a quien por primera vez se aproxime al modo en que ha evolucionado la tecnología a lo largo de la historia. Basada en la docencia sobre esta materia impartida durante años por el autor en diferentes grados de ingeniería de la Universitat de València, se trata de una obra que se encuentra a mitad camino entre el libro de texto y el de divulgación histórica y científica. De ahí que, pese a contar con una amplia bibliografía final, se haya renunciado a incorporar notas y referencias en el texto —como es habitual en las monografías— o que en algunos casos las reflexiones que se realizan circulen sobre lugares comunes de los que son plenamente conocedores las y los profesionales de la historia de la ciencia y la tecnología.

El texto se organiza en capítulos cuyo título remite a un objeto que abre las puertas de acceso a recrear distintos episodios de la historia de la tecnología. En ocasiones, incluso, se emplean para abordar y especular sobre cuestiones lejanas a esos artefactos con los que, simplemente, comparten época. En ese sentido, puede que el verdadero interés se encuentre en los subtítulos y en los epígrafes de cada uno de

los capítulos, que tratan de mostrar diversas cuestiones que van desde el impacto social y la influencia cultural de determinadas tecnologías hasta algunos debates historiográficos recientes.

Al igual que sucede con la ciencia y la medicina, en el ámbito de la tecnología no siempre es suficiente con que una idea sea la más eficaz para que ésta se imponga. Son las personas, en última instancia, quienes deciden qué es lo que consideran más adecuado, en base a todo un conjunto de elementos que a menudo trasciende lo meramente técnico. Así pues, este libro pretende utilizar un conjunto de artefactos para abordar la importancia que han tenido y tienen en el desarrollo de la tecnología aspectos como la política, la religión, la guerra, la economía o la cultura. Cuestiones que, en algunos casos, pueden introducirse en un determinado capítulo para reaparecer con posterioridad en otros.

Las carencias que presenta este tipo de aproximación son más que evidentes. En primer lugar, el resultado de esta obra es, necesariamente, el de una historia incompleta. Ciertamente, cada una de las historias está truncada, pero ni la extensión del texto ni su formato permite profundizar más de lo que se hace. En ese sentido, el libro no pretende ofrecer un relato histórico acabado, sino analizar diferentes ejemplos y cuestiones con las que comprender mejor cómo se desarrolla la tecnología. Para ello se ha realizado una selección de objetos que, con certeza, dista de la que habría efectuado cualquier otra persona especialista en la materia y que no debe entenderse como un intento por presentar los objetos más relevantes de la historia. De hecho, la elección no responde más que al interés del autor por emplear dichos artefactos como puntos de partida a partir de los cuales presentar episodios, cuestiones y problemas como las que

hemos apuntado, relacionadas con la historia social y cultural de la ciencia y de la tecnología.

Una elección que, además, podría decirse que responde, mayoritariamente, a artefactos relevantes desde una perspectiva eurocéntrica. Quizá en ocasiones, incluso, haya quien entienda que reproduce una visión estereotipada de las regiones periféricas. No es intención del autor, ni mucho menos, abrazar la idea de una supuesta superioridad occidental desde el punto de vista científico y/o tecnológico. De hecho, debemos ser plenamente conscientes de que se podrían haber escogido unos objetos distintos, desarrollados a partir de conocimientos y habilidades procedentes de otros lugares del mundo, para dar forma al relato que aquí se presenta. Sin embargo, la familiaridad de muchos de los lectores con estos objetos y su capacidad de reconocerlos fácilmente ha resultado un factor determinante a la hora de decidir qué escoger. Con todo, se ha tratado de reconocer, en la medida de lo posible, la procedencia o la influencia de otras culturas en el desarrollo de estos artefactos.

Nos encontramos en un mundo que demanda una cada vez mayor participación pública en el ámbito de la ciencia y la tecnología. Ahora bien, qué duda cabe, la ciudadanía debe estar bien informada para poder participar libremente en la toma de decisiones que afectan a las políticas científicas y tecnológicas, en particular en relación con aquellas que resultan más controvertidas. En ese sentido, este libro pretende acercar al lector a algunos de los debates historiográficos más recientes con el fin no sólo de poner en valor la importancia de estudiar el pasado para poder así entender la complejidad de la historia, sino también —y sobre todo— proporcionar elementos para una reflexión crítica acerca de los problemas del presente.

## **Introducción**

### La tecnología y su historia

#### **La problemática del término**

La palabra *tecnología* apareció recogida por primera vez en una obra lexicográfica española mediado el siglo XIX. El término se introdujo en 1853 para hacer referencia, inicialmente, tanto a tratados de expresiones técnicas de ciencias y artes como de las artes en general. Algo más tarde, en 1899, el vocablo se definió también como un conjunto de conocimientos propios de los oficios mecánicos y de las artes industriales. Una acepción que se difundió con gran éxito durante el siglo XX, permitiendo identificar la tecnología con toda una serie de herramientas, instrumentos, máquinas, artefactos y dispositivos, así como con el conjunto de métodos, procedimientos, habilidades y rutinas que se emplean para la realización de tareas o que sirven diferentes funciones.

Esta percepción se fundamentó, en gran medida, en la idea de que la tecnología había ido adquiriendo a lo largo del siglo XIX una base científica que la distinguió de las prácticas o costumbres tradicionales que habían caracterizado el desarrollo técnico desde los orígenes de la humanidad. Dicho de otra ma-

nera, la tecnología era una actividad reflexiva que consistía en utilizar el conocimiento científico para resolver cuestiones prácticas; es decir, ciencia aplicada. Este discurso asumía de forma implícita la existencia de una relación jerárquica entre ciencia y tecnología, basada en el hecho de que los resultados de la investigación pura realizada por los científicos eran utilizados posteriormente por ingenieros y tecnólogos para dar respuesta a problemas concretos.

Ahora bien, el significado de un término no es inmutable y puede experimentar variaciones a lo largo de la historia, reflejando una serie de intereses y valores en función del contexto en el que el vocablo sea empleado. Por ejemplo, el interés por recalcar las conexiones entre la ciencia y la tecnología estuvo estrechamente relacionado con la defensa de la importancia y la utilidad de la investigación que realizaron diferentes autores a lo largo del siglo XIX, en particular por su aportación a la productividad económica. Un vínculo que, sin duda, fue presentado como un argumento de peso para demandar una mayor financiación de la actividad científica.

### **El estudio de la evolución tecnológica**

Para muchos de los primeros profesionales de la historia de la ciencia, las aplicaciones tecnológicas eran, en buena parte, distracciones irrelevantes derivadas de una investigación científica que debía entenderse como la búsqueda desinteresada de la verdad. Las aplicaciones tecnológicas, por consiguiente, quedaban fuera del ámbito de una historia de la ciencia que debía centrarse, principalmente, en el estudio de las ideas. Una delimitación que reflejaba también la percepción de que el trabajo intelectual es epistemológicamente más importante que el manual.

Con todo, la defensa de la ciencia como un logro estrictamente intelectual fue, en parte, una reacción a una incipiente historiografía de la ciencia marxista que, convencida de la importancia de la actividad económica como fuente primordial del desarrollo histórico, insistía en la existencia de una estrecha relación entre ciencia y tecnología con el fin de mostrar cómo la ciencia también podía explicarse como fruto de determinadas condiciones económicas relacionadas con el desarrollo del capitalismo industrial moderno.

Ahora bien, la percepción generalizada de la tecnología como ciencia aplicada hizo que algunos autores reaccionaran subrayando las conexiones entre técnica —entendida como un conjunto de procedimientos o reglas— y tecnología, con el fin de abrir la investigación histórica a procesos anteriores al siglo XVIII, más allá del estudio del mundo industrial, relacionados con la agricultura, el transporte, las comunicaciones, etc. No en vano, el desarrollo material de la humanidad es tan antiguo como los propios seres humanos y no siempre ha existido una comprensión racional del modo en que funcionan o se comportan los objetos.

La identificación entre tecnología y técnica hizo que la historia desarrollada en las décadas centrales del siglo XX se centrara, principalmente, en el estudio de los objetos y en el modo en que éstos fueron producidos. Este interés por los objetos relegó a un segundo plano elementos relacionados con su entramado social, capaces de proporcionar una comprensión de la historia mucho más completa, en la que aspectos como la gestión o la producción resultaban fundamentales.

Sin embargo, la historia de la tecnología no puede considerarse simplemente como un listado cronológico de inventores e invenciones, sino que debe prestar atención también a aspectos sociales, políticos, económicos y culturales. Es de

este modo como se puede aspirar a explicar tanto la finalidad como el uso de una tecnología que, por más que pueda ser descrita de manera intencionada como un agente de cambio, es incapaz de nada por ella misma. La invención es una actividad social que, ciertamente, puede verse influida no sólo por las necesidades y deseos de un grupo de personas, sino también por exigencias económicas, aspectos culturales o circunstancias psicológicas.

Con el objeto de dar respuesta a estas preocupaciones, los historiadores de la tecnología se han afanado durante las últimas décadas por comprender mejor lo que se denomina *cambio tecnológico*, una etiqueta que incluye aspectos relacionados con la naturaleza de la invención, el desarrollo, la innovación y el uso. Ahora bien, la preocupación de estos autores no es tanto la de estudiar los efectos del cambio tecnológico en la sociedad, como el efecto de la sociedad en el cambio tecnológico, considerando los diferentes contextos (sociológicos, psicológicos, institucionales y científicos) que dan forma a esta transformación en diferentes momentos históricos.

### ¿Qué es la tecnología?

En una primera aproximación, la tecnología podría definirse como una respuesta cultural que engloba todo un conjunto de esfuerzos desarrollados por el ser humano para enfrentarse a su entorno y cubrir sus necesidades o satisfacer sus deseos, mediante la utilización y transformación de los recursos del medio que lo rodea. Una caracterización así permite poner de manifiesto la importancia de los valores culturales que un determinado grupo social puede otorgar al significado de un artefacto, así como el modo en que estos valores son transmitidos por el objeto. Se trata de subrayar

cómo las convicciones políticas y sociales, las creencias religiosas o los motivos estéticos pueden influir en el desarrollo de una tecnología, así como el hecho de que el modo en que se percibe una innovación —y el significado que se le atribuye— puede llegar a modificar también las relaciones sociales de una comunidad. Más aún, en el ámbito de la política tecnológica son los factores no técnicos los que suelen ser determinantes a la hora de tomar decisiones.

La tecnología debe ser entendida como una actividad humana. De ahí la importancia de considerar todos estos factores que acabamos de mencionar para entender el éxito de o el rechazo a determinados artefactos. Un buen ejemplo lo encontramos en la aceptación y el desarrollo de los coches eléctricos como alternativa a los automóviles de combustión, íntimamente relacionado con una percepción acerca del modo en que los seres humanos debemos relacionarnos con el medioambiente. La historia de la tecnología, por tanto, es la historia de las motivaciones, los intereses, las expectativas, las necesidades, las obsesiones y los deseos del ser humano en un contexto histórico determinado.

Un concepto que permite entender mejor en qué consiste la tecnología es el de sistema tecnológico. La idea de que la tecnología se desarrolla en sistemas resulta especialmente interesante si aceptamos que dichos sistemas pueden incorporar aspectos sociales y culturales, cruciales para el desarrollo tecnológico. Un sistema tecnológico estaría conformado por una serie de componentes heterogéneos integrados en red, de manera que la modificación de cualquier punto podría afectar a todo el sistema. Estos componentes incluirían tanto entidades físicas, como agentes humanos y componentes incorpóreos: desde recursos naturales y materias primas hasta la organización del trabajo, pasando por máquinas y

artefactos, fábricas y compañías, procesos de producción, dispositivos legales relacionados con la tecnología, relaciones entre expertos y consumidores, etc. En ese sentido, el establecimiento del sistema y su desarrollo no sería algo natural, sino que dependería de la inversión de recursos económicos, habilidades prácticas y formas organizativas. En definitiva, todo un conglomerado de elementos, innovaciones y conocimientos relacionados tanto con la producción como con la difusión y el uso de una tecnología, en constante interacción con aquello que caracteriza un determinado contexto social, económico y cultural.

Este enfoque sistémico, además, insiste en la idea de que la tecnología no está subordinada a la ciencia, sino que es el producto de algo más complicado. Tal y como hemos puesto de manifiesto, la relación entre ciencia y tecnología es compleja. De hecho, lejos de poder ser meramente considerada como sierva de la ciencia, la tecnología —incluso la moderna— supone mucho más que la aplicación rutinaria de los descubrimientos realizados por los científicos. Más aún, la delimitación actual entre ambas áreas del conocimiento es tan difusa que algunos autores han optado por utilizar el término *tecnociencia* para denotar la investigación científica en la que la tecnología es el entorno más natural de su desarrollo, al tiempo que su principal motor. Por un lado, la ciencia necesita artefactos tecnológicos, a menudo convertidos en objetos de investigación, para poder avanzar. Por el otro, la tecnología actúa como fuerza motriz ideando soluciones que con frecuencia permiten una comprensión científica más completa o incluso la posibilidad de abrir nuevas áreas de investigación. Sin duda, en el mundo contemporáneo, muchos son los casos en los que la ciencia y la tecnología se han vuelto prácticamente indistinguibles.

# 1

## El fuego

Entre el descubrimiento y la invención

### El fuego y el ser humano

El fuego es uno de los pilares de la civilización y una de las mayores innovaciones técnicas desarrolladas por el ser humano. Presente en la vida de los homínidos desde sus orígenes, es habitual hacer referencia a su descubrimiento de manera fortuita, como consecuencia de las llamas que, de forma natural, pueden desencadenarse tras una tormenta eléctrica o como resultado de erupciones volcánicas o de la fricción entre ramas secas sometidas a la acción de un fuerte viento. De hecho, prácticamente todas las mitologías recogen explicaciones acerca de cómo el fuego fue transmitido a los seres humanos. En la mitología griega, por ejemplo, fue un Titán amigo de los mortales, Prometeo, quien habría robado el fuego de los dioses para facilitárselo a los humanos. Un relato que, en cierto modo, parece reproducir la distinción entre un fuego espontáneo presente en la naturaleza y un control posterior del fuego por parte de la humanidad.

No cabe duda de que los miembros del género *Homo* conocieron el fuego (y su naturaleza destructiva) antes de aprender a controlarlo y producirlo. Sin embargo, hemos de consi-

derar estos fuegos *salvajes* como una característica más del entorno en que desarrollaban su vida, junto con elementos como la lluvia, el frío o la oscuridad. Unos fuegos que, eso sí, se convirtieron en poderosos aliados para aquellos primeros homínidos, facilitando la obtención de alimento tras los incendios y favoreciendo una recolección asociada al fuego que se ha documentado en diferentes contextos ecológicos. De ahí la enorme trascendencia que tuvo la idea de capturarlo, mantenerlo y utilizarlo. En ese sentido, la presencia de fuegos *adquiridos* y *conservados* parece confirmada en el Paleolítico desde hace más de un millón de años. Si bien esto no implica necesariamente que fueran capaces de dominarlo por completo, lo cierto es que permitió al ser humano comenzar a soñar con el dominio de la Naturaleza.

### La producción y el dominio del fuego

Lo que realmente resultó decisivo para la historia de la humanidad fue la idea de tratar de producir fuego para poder utilizarlo en cualquier momento y sin temer a una posible extinción del mismo ante cualquier eventualidad. El desarrollo de técnicas de ignición con las que iniciar la combustión jugó un papel fundamental en ese sentido. ¿Podemos, por tanto, hablar de la *invención* del fuego, más allá de su *descubrimiento*? En cierto modo, la evidencia de la invención de técnicas de producción de fuego hace unos 400.000 años —aunque cada vez más autores sostienen que podría remontarse a aproximadamente un millón de años— nos ayuda a matizar y responder mejor a esta pregunta.

Los dos métodos principales para producir fuego fueron la percusión y la fricción. El primero de ellos consistía en el uso de dos piedras, generalmente de sílex, cuyo choque liberaba



**FIGURA 1.1.** Óleo en lienzo de Heinrich Friedrich Füger, Prometeo lleva el fuego a la humanidad, c. 1817.

las chispas necesarias para poder producir una llama. El segundo método, por su parte, se basaba en el roce continuo de fragmentos de madera que podían llegar a causar suficiente calor como para encender materiales combustibles, siempre y cuando estuviesen secos. Puesto que ambos procedimientos podían resultar harto laboriosos, resulta fácil imaginar la existencia de fuegos domésticos que se mantenían encendidos día y noche. Con todo, no parece que las técnicas de producción de fuego se generalizaran hasta inicios del Paleolítico Superior.

Estos procesos son un buen ejemplo de cómo los seres humanos inventaron y desarrollaron durante el Paleolítico técnicas para explotar los recursos facilitados por el entorno. En particular, el fuego se convirtió en un elemento de gran importancia que pronto aprendieron a producir y cuyo uso proporcionó diferentes posibilidades que paulatinamente fueron desplegándose. El dominio del fuego constituyó un hecho diferencial de la humanidad con respecto al resto de especies y la posibilidad de controlar su capacidad de transformación se erigió en un aspecto fundamental de la evolución del ser humano.

### **Las técnicas derivadas: calefacción, iluminación y cocina**

Este dominio del fuego tuvo consecuencias importantísimas. En primer lugar, supuso la posibilidad de hacer uso de una nueva fuente de energía: el calor. La calefacción habría de permitir la posibilidad de migrar y ocupar áreas hasta entonces inhóspitas: regiones frías cuyo clima hostil, gracias al fuego, sería más fácilmente soportado. Pero además de para proporcionar calor, el fuego habría de servir para otros muchos propósitos como suministrar luz, dirigir la