

Temas selectos
de filosofía de la ciencia
y de la tecnología:

ciencia, tecnología
y sociedad
(volumen I)

María Concepción
Caro García

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



611326

611326



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

***TEMAS SELECTOS DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGÍA:
CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD***

SEGUNDA REIMPRESION REVISADA Y ACTUALIZADA

LECTURAS VOLUMEN I

SELECCIONADO Y ELABORADO POR:
DRA. MARÍA CONCEPCIÓN CARO GARCÍA.

CON LOS APOYOS DE LA DIVISION DE CIENCIAS
SOCIALES Y HUMANIDADES Y EL DEPARTAMENTO DE
APOYO EDITORIAL DE LA FACULTAD DE INGENIERIA



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DEL 2005



CAJA
215 - A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



611326

G - 611326

Caja 215-A

V-1

G-611326



FACULTAD DE INGENIERIA



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DEL 2005

Los materiales que aquí se presentan, han sido seleccionados y elaborados por la DRA. María Concepción Caro García, con los apoyos de la División de Ciencias Sociales y Humanidades y del Departamento de Apoyo Editorial de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

Las lecturas propuestas, están basadas en el Programa de la materia de TEMAS SELECTOS DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGÍA: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD, emanado de la División (véase anexo). Pero además, en los ajustes que el proceso de enseñanza aprendizaje nos ha ido exigiendo en el transcurso de varios años. Por eso, en la presente y segunda reimpresión de estos materiales que ponemos a disposición de los alumnos se ha procedido a su revisión y actualización.

Las lecturas se han recopilado en dos volúmenes para hacer más fácil su uso por parte de los estudiantes. El primer volumen abarca un prólogo y una introducción conceptual a la materia como también la Primera y Segunda Unidades del total cuatro consideradas en el Programa. El volumen dos, contiene los materiales alusivos a la tercera y cuarta Unidades.

Conviene anotar que para los temas relacionados con las Revoluciones burguesas del siglo XVIII (Revolución industrial de Inglaterra y Revolución Francesa), no fueron incluidas lecturas específicas, porque éstas pueden ser fácilmente consultadas por los estudiantes en diversas bibliotecas.

DRA. MARIA CONCEPCION CARO GARCIA
Otoño del 2005
Facultad de Ingeniería UNAM.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Dr. Juan Ramón de la Fuente, **rector**;
Lic. Enrique del Val Blanco, **secretario general**; Mtro. Daniel Barrera Pérez, **secretario administrativo**; Dr. Jaime Martuscelli Quintana, **secretario de servicios a la comunidad**. Mtro. Jorge Islas López **abogado general**.

Facultad de Ingeniería.

M. en C. Gerardo Ferrando Bravo, **director**; Ing. Gonzalo López de Haro, **secretario general**; Lic. Miguel Figueroa Bustos, **secretario de servicios Académicos**; Lic. Federico Valle Rodríguez **secretario administrativo**.

División de Ciencias Sociales y Humanidades. M en I. Sergio Tirado Ledesma, **jefe de la división**; Lic. Enrique Fabián Cervantes, **secretario académico**.

INDICE

VOLUMEN I

Pag.

PROGRAMA DE LA MATERIA.....	6 a 9
A MANERA DE PROLOGO:Cartas a un joven ingeniero por Javier Jiménez Espriú	10 a 14
CONCEPTOS INTRODUCTORIOS A LA MATERIA	15
1. Práctica tecnológica-Diagrama-	16
2. Ignacio Méndez Ramírez,Relaciones entre investigación científica e investigación tecnológica.....	17 a 23
3. Filosofía,Diccionario marxista de Filosofía.....	24
4. Sociedad;Cultura,Diccionario de Sociología.....	25
5. Juan Pablo II,Cultura,UNESCO y Universidad de Coimbra.....	26
6. Luis Villoro,El sentido de la historia	27 a 36
PRIMERA UNIDAD:EVOLUCION DE LA TECNICA. ASPECTOS FILOSOFICOS HISTORICOS Y CULTURALES DE LA MISMA:	17
8 Del hacha al robot.....	38 a 42
9 José Ortega y Gasset,Medeitación de la técnica.....	43 a 57
10 Harry Elmer Barnes,Aparición de la fábrica moderna.....	58 a 63
11 Arnold Pacey,La tecnología,práctica y cultura.....	64 a 76

Pag.

SEGUNDA UNIDAD :REVOLUCIONES INDUSTRIALES Y TECNOLOGIA.

PRIMERA PARTE 77

12.Samuel Lilley,El progreso tecnológico y la revolución industrial..... 78 a 108

REVOLUCIONES INDUSTRIALES.

SEGUNDA PARTE..... 109

13.Marcos Kaplan,transición hacia la crisis..... 110 a 122

14.Carlos Ominami,La tercera Revolución industrial..... 123 a 135

15 Pat Mooney,otros,La convergencia tecnológica,biotecnología,informática. 136 a 138

16.Consuelo Contreras Esquivel,Nanotecnología,revolución industrial del siglo XXI..... 139 a 140

ANEXO,PROGRAMA DE LA DIVISION DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES F.I.UNAM 141 a 144
VOLUMEN II.

TERCERA UNIDAD:PROGRESO Y DESEQUILIBRIO ECOLOGICO Y POBLACIONAL. 148

17 Arnold Pacey,la cultura de la especialidad,la tecnología insuficiente,cap. III..... 149 a 165

18 Jacinto Viqueira,Hacia un desarrollo sustentable,cap.17. 166 a 181

19 Miguel León Garza,Desequilibrio mundial de la población,Cap.1 182 a 201

20 Arnold Pacey,Las creencias sobre el progreso..... 202 a 219

I N D I C E

Pag.

21. José Luis Talancón, Adrián Chavero, otros, Principales aportaciones de los pueblos teocráticos.....	220 a 228
22. Marisol Pérez Lizaur, Desarrollo tecnológico en la industria, aprendizaje y Redes Sociales.....	229 a 237
23 Miguel León Garza, Un futuro incierto ante los cambios tecnológicos, Cap.2	228 a 260
24 Octavio Licon Segura, Un sabio mexicano del siglo XVII.....	261 a 264
CUARTA UNIDAD: TECNOLOGIA Y ETICA 265	
25 Arnold Pacey, Los conflictos de valores y las instituciones, Cap. VII	266 a 278
26 Alberto Vargas, La ética de Platón	279-a 283
27 Alberto Beuchot, Etica y justicia de Tomás de Aquino.....	284 a 291
28 Paulette Dieterlen, La ética de J.S. Mill.....	292 a 301
29 Ramón Queraltó, el rostro del hombre en la sociedad tecnológica, Cap. VI	302 a 312

PROGRAMA: TEMAS SELECTOS DE FILOSOFIA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGIA. CIENCIA, TECNOLOGIA Y SOCIEDAD.

PROF. María Concepción Caro García

OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:

Se pretende que el estudiante de ingeniería en su formación integral (técnico-humanista), adquiera una visión más allá de la idea de la tecnología como un término general que sólo se aplica al proceso a través del cual, los seres humanos diseñan herramientas y máquinas para controlar y agilizar los procesos productivos del entorno material. Si no que, más allá de esta restricción, se pueda abarcar también, el referente social, cultural e histórico sin lo cual, la tecnología por sí misma, no tendría su razón de ser.

Por tanto, en el curso se enfatizará en que el estudiante comprenda la interrelación entre los instrumentos materiales y la compleja red de relaciones sociales históricamente determinadas, a fin de que, su futuro profesional se desenvuelva congruentemente en las esferas de lo técnico y las demás instancias de la sociedad.

INTRODUCCION A LA MATERIA: CONCEPTUALIZACION.

Ciencia, filosofía, historia, cultura, sociedad, tecnología, ingeniería.

OBJETIVO ESPECIFICO: Familiarizar al alumno con aquellos conceptos que, de acuerdo con el objetivo general del curso, le permitan comprender y asimilar los contenidos y propósitos de la materia.

BIBLIOGRAFIA:

- * Javier Jiménez Espriú, Cartas a un ingeniero, Serie Circular, Alfaguara 2a reimpresión, septiembre 2004.
- * Ignacio Méndez Ramírez, "Relaciones entre investigación científica e investigación tecnológica."
- * I. Blauberg, Diccionario marxista de filosofía, Ediciones de Cultura Popular, 1978

* Diccionario de Sociología, FCE. 1972

* Juan Pablo II, "La cultura", Discurso a la ONU para la Educación, la Ciencia y la Cultura; Discurso a los profesores Universitarios y a los líderes de la cultura, 1980, Coimbra, 15/5/1982.

* Luis Villoro en ¿Historia para qué?, 8a edición, Siglo XXI 1986.

I. PRIMERA UNIDAD: Evolución de la técnica. Aspectos históricos, filosóficos y culturales de la misma...

1.1 OBJETIVO ESPECIFICO: Los contenidos de esta unidad le permitirán al estudiante conocer en las diferentes etapas o estadios, los aspectos evolutivos (en ocasiones involutivos) de la técnica, y su reconocimiento de que ello ha sido producto de medios y de condiciones históricas.

1.2 CONTENIDOS TEMATICOS:

- La técnica y su referente cultural.
- Sociedad e instrumentos de producción
- Paso de lo artesanal a lo industrial (transición).
- Técnica del técnico y aparición de la fábrica moderna.
- Referente cultural y ¿neutralidad de la tecnología?

1.3 BIBLIOGRAFIA :

- * José Ortega y Gasset, "Meditación de la técnica", El Arquero, Revista de Occidente, 1968, caps. VIII, IX, X, XI
- * José Ortega y Gasset, ¿Qué es la filosofía? Colección Austral, primera reimpresión, México julio del 2000 (Bibl. complementaria).

II. SEGUNDA UNIDAD: Revoluciones industriales y tecnología. Sus efectos económicos, políticos y sociales.

2.1 OBJETIVO ESPECIFICO: A través de los mencionados hechos históricos, el estudiante encontrará la profunda interconexión entre la ciencia, la tecnología y la productividad. Pero además, la inadecuación entre los acelerados avances tecnológicos y los demás procesos sociales.

2.2 CONTENIDOS TEMATICOS:

PRIMERA PARTE: REVOLUCIONES BURGUESAS DEL SIGLO XVIII.

- Revolución Industrial de Inglaterra.
- La revolución técnica como un continuo devenir.
- La Revolución Francesa y sus consecuencias políticas y sociales.

2.3 BIBLIOGRAFIA:

- * Eric, Hobsbawm, Las Revoluciones burguesas, edit. Guadarrama, Caps. I y II.
- * Samuel Lilley, "El Progreso Tecnológico y la Revolución industrial", 1700-1914 en, La Revolución Industrial y el Progreso Tecnológico, varios autores.

NOTA: Sobre las revoluciones del siglo XVIII, los estudiantes podrán consultar libremente en las bibliotecas.

2.4 REVOLUCIONES INDUSTRIALES:

SEGUNDA PARTE:

- La segunda Revolución Industrial
- La Tercera Revolución industrial
- La nanotecnología; Revolución industrial del siglo XXI?

2.5 BIBLIOGRAFIA :

- * Marcos Kaplan, "Transición hacia la crisis", en, El Estado Nacional en América Latina, Edit. Amorrourto, Buenos Aires, Argentina, 1978, Cap. 7
- * Carlos Ominami, La Tercera Revoluvi6n industrial, impactos internacionales del actual viraje tecnológico, Edici6n preparada por Carlos Ominami; Rial Grupo Editor Latinoamericano, Anuario 1986, Cap. I.
- * Pat Mooney, Kathy-Jo Welter, Alejandro Nadal, otros. "La convergencia tecnol6gica (nanotecnologfa), biotecnologfa, informatica, ¿el futuro de la ciencia?". Centro de Análisis Social, Informaci6n y Formaci6n Popular, A.C. Seminario, Facultad de Economfa, abril del 2003.
- * Consuelo Contreras Esquivel, Nanotecnologfa, Revoluci6n industrial del siglo XXI, Salud, Seguridad social y medio ambiente; Peri6dico Milenio, Año 3 Nro. 26, junio del 2004.

III. TERCERA UNIDAD: Progreso y desequilibrio ecol6gico y poblacional.

3.1 OBJETIVO ESPECIFICO: Se trata de que el estudiante sepa en qué consiste el desequilibrio del mundo actual, entendido como la diferenciación, no sólo poblacional, sino también de las ventajas comparativas entre países tecnológicamente avanzados y países en desarrollo. Asimismo, de los impactos del uso de la tecnología en el medio ambiente y en los medios de comunicaci6n y cómo estos últimos son al mismo tiempo causa y efecto de los diversos procesos que se llevan a cabo en el mundo globalizado.

3.2 CONTENIDOS TEMATICOS:

- Tecnología e investigación
- Tecnología y medio ambiente
- Desequilibrio mundial de la población
- Cómo debe ser entendido el progreso
- Ciencia y tecnología en México

3.3 BIBLIOGRAFIA:

- * Arnold Pacey, "La Cultura de la especialidad, la tecnología insuficiente", op.cit. Cap. III.
- * Jacinto Viqueira, Landa, "Hacia un desarrollo sustentable", Cap. 17, en Introducción a la Ingeniería, sociedad y Medio Ambiente, Limusa-- Noriega Editores, México 1994.
- * Miguel León Garza, "Desequilibrio mundial de la Población", Cap. 1 en, Vocación industrial en México.
- * Arnold Pacey, "Las creencias sobre el Progreso", Cap. II. OP. CIT.
- * José Luis Talancón, Adrián Chavero González-- María Luisa Rodríguez Sala, "Principales aportaciones de los pueblos teocráticos del período clásico 200(a.C.) al 900(d.de C.), en Ciencia, Tecnología y Sociedad: Antología de Estudios Interdisciplinarios.
- * Marisol Pérez Lizaur, "desarrollo tecnológico en la industria: aprendizaje y redes sociales", en el Sistema de Ciencia y Tecnología en México, Instituto de Investigaciones matemáticas aplicadas y en Sistemas, Miguel Angel Campos y Jaime Jiménez, UNAM, 1991.
- * Miguel León Garza, "Un futuro incierto entre los cambios tecnológicos", Cap. 2 en OP. Cit. (bibliografía complementaria).

- * Octavio Licona Segura, "Un sabio mexicano del siglo XVII", en Historia de la tecnología, Revista MUY Especial, publicación Edit. Televisa. (bibliografía complementaria).

IV. UNIDAD : Tecnología y Etica.

- 4.1 OBJETIVO ESPECIFICO: Unidad concluyente en la que es estudiante reflexionará la técnica de cara con la ética. En consecuencia el compromiso que de este binomio se desprende para consigo mismo y para con la sociedad. Para esto, aprenderá a conjugar el conocimiento y su profesionalización con los valores de la cultura y de la sociedad.

4.2 CONTENIDOS TEMATICOS:

- El profesional de la técnica de cara con la ética.
- El conflicto de valores y sus alternativas.
- Los valores a través de la historia
- La búsqueda de lo humano en la sociedad tecnológica.

4.3 BIBLIOGRAFIA:

- * Arnold Pacey "Los conflictos de valores y las instituciones", OP. CIT, Cap. VII.
- * Alberto Vargas, "La Etica de Platón", en La Etica a través de la Historia, Mark Platts (compilador). Universidad Nacional Autónoma de México, 1988, Instituto de Investigaciones filosóficas.
- * Mauricio Beuchot, "Etica y justicia de Tomás de Aquino", en, La Etica a través de su historia, IBID.
- * Paulette Dieterlen, "La Etica de J.S. Mill, en La Etica a través de la historia, IBID.
- * Ramón Queralto, "El rostro del hombre en la sociedad tecnológica", en Etica, tecnología y valores en la sociedad global, El caballo de Troya al revés, Cap. VI. Edit.- Tecnos, Madrid, España 2003.
- * María Concepción Caro García, "La crisis en la ciencia,

y la ciencia en la crisis", en Revista Economía Informa, nro. 216, F.E. UNAM, abril de 1993 (bibliografía complementaria).

V. FORMAS DE EVALUACION:

- * Participación
- * Asistencia
- * Exámenes
- * Controles de lectura
- * Exposiciones en clase
- * Otras actividades.

VI. OBSERVACION:

Los porcentajes para la calificación de los tres -- primeros rublos, se fijarán al inicio del curso. Para los demás se tomarán en cuenta las circunstancias -- y desenvolvimiento del grupo, lo que a su vez será -- previamente acordado con los alumnos.

Carta II

Sobre la ética profesional

A-M A N E R A D E P R Ó L O-
G O .

JAVIER JIMENEZ ESPRIU (Ingeniero)-"CARTAS A UN JOVEN INGENIERO"-Carta II -

Querida hija:

Me da gusto saber que la carta que te escribí hace unos días te llegó, según dices, en un momento muy oportuno, y que has recogido con entusiasmo mis propuestas, tanto sobre una última reflexión libre y personal, como sobre nuestro coloquio epistolar, que desde luego no sustituye nuestras pláticas, tan frecuentes como sea posible. Estoy seguro de que ambas se estimularán; además, teniendo estas reflexiones por escrito, las podrás hojear de vez en cuando y a lo mejor un día hasta dirás: ¡Caray, era un poco necio, pero no estaba tan errado el viejo!

Me indicas que tus primeras reacciones ante el reto de tu análisis personal —una especie de psicoanálisis sin psicoanalista, práctica siempre conveniente y considerablemente más económica—, te confirman tu vocación hacia la ingeniería. Ello me da pie para iniciar nuestra incursión en el vasto territorio de esa profesión tan antigua como la humanidad —aunque adquiriera su nombre pasados muchos siglos— y tan llena de vericuetos, matices y posibilidades, que nos exigirá seguramente un amplio espacio tocar tan sólo sus temas esenciales.

Emilio Rosenblueth, un distinguido ingeniero civil mexicano recientemente desaparecido, repetía con

zo. El abogado defensor de pleitos turbios suele pensar que su honorabilidad personal sufre poco o nada de sus defensas deshonestas; el médico torpe por descuido de sus curaciones, duerme, come y vive tranquilamente, encima de su degradación profesional; el pedagogo que se consiente didacta del 1800, estima que el no informarse y el sestear sobre pedagogía relevada, no tiene gran cosa que hacer con su probidad de hombre.

Mucho más que el hombre latino, que al cabo cuenta al sabio francés para salvar su déficit, es el latinoamericano quien ha hecho una cortadura traicionera entre oficio y moral, entre función pública y conducta individual. Hasta tal punto sube entre nosotros esta falta, yendo desde la culpa al delito, que ya el grado universitario o el título oficial dicen bastante poco, y son más bien aproximaciones que afirmaciones. Decimos "licenciado" y el sustantivo de toda sustantividad no aúna a nadie; decimos "químico" y el apelativo tan técnico no asegura ninguna técnica; decimos "ingeniero" y el jefe de una empresa de minas pedirá al candidato un noviciado de prueba, antes de entregarle la dirección del laboreo.

De tal manera, hemos venido a parar en una especie de quiebra del crédito universitario en casi todas partes. Y la Universidad, dondequiera que exista, debe constituir una institución de calidad pura, de apretada selección.

Yo pediría a ustedes que mediten sobre este asunto que sólo dejo apuntado como una indicadora,

y que se decidan a comenzar una cruzada interior y exterior por la dignificación profesional o gremial. Digo interior, porque cada día creo más en que las reformas salen del tuétano del alma y asoman hacia afuera, firmes como el cuerno del testuz del toro, o bien se hacen en el exterior como cuernecillos falsos pegados con almidón. El primer tiempo será pensar la profesión lo mismo que un pacto firmado con Dios o con la ciencia, y que obliga terriblemente a nuestra alma, y después de ella a nuestra honra mundana. El segundo tiempo será organizar las corporaciones o gremios profesionales donde no existen y donde ya se fundaron, depurarlos de corrupción y de pereza, vale decir, de relajamiento.

El tercer tiempo será obligar a la sociedad en que se vive a que vuelva a dar una consideración primogénita a las profesiones que desdeña y rebaja.

La tercera grada sube blandamente desde las otras dos: a la larga siempre se respeta lo respetable, y se acaba por amar lo que presta buen servicio.

Esta terrible y grave aseveración, por cuanto con frecuencia verdadera, querida Vero, debe impulsarnos en una cruzada por la dignificación del individuo, de la profesión y del gremio, y a insistir cada día, en cada función, en cada responsabilidad, en cada foro, en la obligación de los profesionales, desde que inician su formación académica, de trabajar por la excelencia en la disciplina que su título ampara y en la magnitud de su compromiso social.

frecuencia: "Todo lo que parece estar más allá de la ingeniería, no es sino sola y pura ingeniería", y agregaba: "el ingeniero no puede estar hecho sólo de las ciencias de la ingeniería; la cultura, la sensibilidad social, la ideología, la economía, la política, la filosofía, el arte, son ropajes de los que no se puede desprender." Como ves —estoy de acuerdo con Emilio—, tendremos mucha tela de donde cortar.

Estas cartas pretenden, por ello, corresponder al menos a dos de las acepciones del vocablo que ofrece la Real Academia Española: "1. Papel escrito, y ordinariamente cerrado, que una persona envía a otra para comunicarse con ella" y, particularmente: "2. Mapa en que se describe el mar, o una porción de él, con sus costas o los lugares donde hay escollos o bajíos".

No trato con esto de tomar cartas en el asunto, que es a todas luces personalísimo —recuerda lo del albedrío, del que estoy convencido—; te ofrezco, en cambio, poner mis cartas sobre la mesa para que tengas toda la información posible, y desde luego carta blanca para que en su momento puedas jugar tu mejor carta; las mías te las propongo como esas cartas de navegación, esas cartas de rutas que tanto sirvieron a los viejos navegantes, a los descubridores, a los conquistadores, ya que lo que inicias ahora es una aventura semejante a las que acometieron quienes han escrito páginas épicas de la humanidad. Espero que los datos que he recogido en mi largo trashumar por mares agitados, procelosos o tranquilos, pero siempre interesantes, enriquecedores, provocadores, queden expuestos en estas nuestras cartas, para tu conocimiento y beneficio.

Antes de abrir el cofre de mis recuerdos y experiencias, quiero transmitirte una preocupación fundamental que ha presidido mi existencia, y que encontré expresada en bella forma y con prístina claridad en una conferencia que Gabriela Mistral dictó en ocasión cuya fecha y motivo desconozco, pero que afortunadamente leí en mis mocedades. La gran maestra y poetisa —o poeta, como hoy se dice— chilena, nacida Lucila Godoy Alcayaga, escribió:

todo el desorden del mundo viene de los oficios y las profesiones mal o mediocrementemente servidos: político mediocre, educador mediocre, médico mediocre, sacerdote mediocre, artesano mediocre, esas son nuestras calamidades verdaderas.

Conversaba yo una vez con Ramiro de Maeztu sobre las diferencias que corren entre sajón y latino. Él me marcaba, entre otras, que, al igual de la afirmación anterior, se me quedó hincada en la memoria por la gravedad que arrastra: el latino sería un hombre que suele desarrollar sus morales al margen de la profesión de que vive; el sajón sería casi siempre un hombre que trenza la moral adoptada con su oficio. Maeztu se puso a contarme cómo los obreros suizo-alemanes de relojería, por ejemplo, consideraban al reloj construido de su mano como una especie de testimonio personal, de rúbrica de su honradez y de piezas de su responsabilidad completa.

Verídica y terrible afirmación. Nosotros conocemos tipos bastante opuestos al del relojero sui-

Considerar la actividad profesional dentro de un marco ético único, indivisible e inquebrantable, implica postular como valores dedicación, estudio, calidad, lealtad, verdad, equidad, congruencia, y debiera ser consubstancial al individuo.

Lamentablemente, no siempre se actúa en forma correcta y ello afecta la confianza en los profesionales y en la profesión. Se llega por ello a decir: "Es un ingeniero excelente, pero..." (cobra en demasía, sugiere un equipo por conveniencia personal, se sobreprotege...). Esto es inaceptable. En la excelencia profesional no hay pero que valga. Aquí sí, la expresión shakespeariana: "Ser o no ser", tiene validez absoluta. Todo en la profesión es discutible, excepto el comportamiento ético, en el que debemos ser intransigentes.

Emmanuel Kant, el célebre filósofo alemán del siglo XVIII, anunciaba así su curso de ética del invierno de 1765:

Ética. La filosofía moral, más aún que la metafísica, tiene el destino peculiar de tomar la apariencia de la ciencia y un aire de profundidad, aunque nada de eso pueda encontrarse en ella. La causa es esta: la distinción entre el bien y el mal en las acciones, y el juicio sobre la rectitud moral pueden ser fácil y correctamente reconocidos por el corazón humano a través del llamado sentimiento, y pueden ser conocidos directamente y sin el rodeo de pruebas. Por tanto, dado que la cuestión está ya decidida antes de cualesquiera fundamentos de la razón —lo cual no sucede en metafísica—, no es de extrañar que nos empeñe-

mos demasiado y demos por buenas razones que sólo tienen apariencia de certeza. A causa de estos hechos no hay nada más común que el título de filosofía moral, y nada más raro que merecer ese nombre.

[...] Y, dado que en ética considero siempre histórica y filosóficamente lo que sucede, antes de indicar lo que debe suceder, explicaré el método por medio del cual debemos estudiar al hombre —no ese hombre que, a través de las formas variables que su condición cambiante le imprime, se ha deformado y como tal ha sido siempre juzgado equivocadamente aun por los filósofos, sino la naturaleza permanente del hombre y su posición única en la creación— de manera que podamos saber qué perfección le es propia en el estado de simplicidad pura y cuál en el estado de simplicidad sabia; y, por otro lado, cuál es el precepto de su conducta si, excediendo los límites de ambas, aspira a alcanzar el punto más alto de la excelencia moral y física aunque se desvíe más o menos de ambas. Este método de investigación ética es un grato descubrimiento de nuestros tiempos y, si lo consideramos en su proyecto completo, era del todo desconocido para los antiguos". (Paul Arthur Schilpp, *La ética precrítica de Kant*.)

Estoy de acuerdo con Kant: lo ético es fácil de reconocer, ¿no piensas lo mismo? No sólo se nota o se deduce, se siente; por eso el análisis filosófico, necesi-

Javier Jiménez Espriú

rio para el conocimiento y para el esclarecimiento de dudas sobre el comportamiento del individuo y sus respuestas vitales, es un apoyo y no una ley inmutable. Los decálogos éticos, los juramentos profesionales, son útiles como llamadas de atención, como guías sociales, siempre limitadas y lamentablemente siempre interpretables, pero no pueden sustituir a la única norma inalterable, que es la moral propia, la que se arraiga en el alma, la que nos convierte en jueces de nuestros actos, la que se resuelve en el único juicio indiscutible, inapelable, que es el que cada quien hace de sí mismo.

Con la misma convicción, Confucio aconsejaba: "Contrólate a ti mismo hasta en tu casa; no hagas, ni aun en el lugar más secreto, nada de lo que puedas avergonzarte", y aquel Lord inglés, cuyo nombre es cualquiera, definía: "Un caballero es aquel que toma el té sin azúcar, aunque se encuentre solo." Piaget, el famoso pedagogo, dejó escrito: "La ética no puede enseñarse de modo temático, como una asignatura más, sino que debe ejemplarizarse en todas las actividades."

Interrumpo mi perorata moralizante —que espero no haya resultado farragosa—, cuya semilla, estoy seguro, cae en tierra fértil. Sé que muchos de los conceptos que te expongo se riñen con los "valores" que propone la modernidad materialista en atractivos *spots* radiofónicos, en videos musicalizados, en espectaculares que ocultan el paisaje, deterioran el ambiente y agravan el idioma; pero sé también que es fundamental para los ingenieros tener claridad en estos conceptos.

El tema es tan sensible, que en su reciente *Declaración mundial sobre la educación superior en el siglo XXI*, la UNESCO señala:

dado que tiene que hacer frente a importantes desafíos, la propia educación superior ha de emprender la transformación y la renovación más radicales que jamás haya tenido por delante, de forma que la sociedad contemporánea, que en la actualidad vive una profunda crisis de valores, pueda trascender las consideraciones meramente económicas y asumir dimensiones de moralidad y espiritualidad más arraigadas.

Así, a tu pregunta de si la selección de una profesión debe ser exclusivamente "por amor al arte" o hay que considerar las posibilidades del mercado para vivir bien de ella, respondo que deben considerarse ambos aspectos; pero señalo también que, si como espero, tu ambición en lo material no desborda los límites de lo razonable y se ubica en los terrenos éticos a los que me he referido, el "amor al arte" es el que te dará más satisfacciones y te asegurará, como dice el dicho: "un buen pasar para irla pasando".

Demos ahora un rato a tu reflexión. En la próxima carta entraremos al mundo fascinante de la ingeniería.

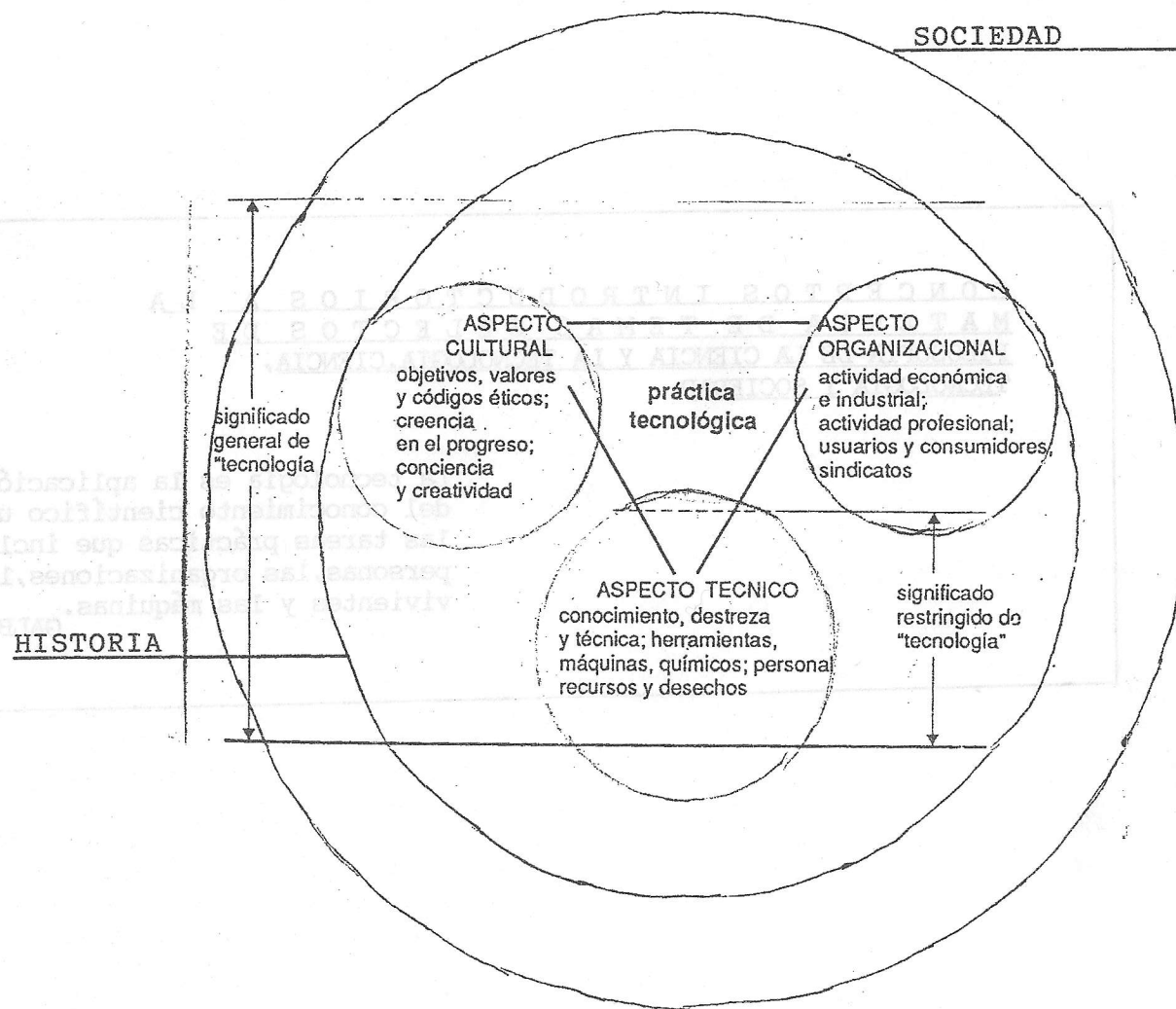
Te quiere,
tu padre

CONCEPTOS INTRODUCTORIOS A LA
MATERIA DE TEMAS SELECTOS DE
FILOSOFIA DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA.CIENCIA,
TECNOLOGIA Y SOCIEDAD.

La tecnología es la aplicación sistemática
del conocimiento científico u organizado a
las tareas prácticas que incluyen a las --
personas, las organizaciones, los organismos
vivientes y las máquinas.

GALBRATT

"LA PRACTICA TECNOLÓGICA"



Basado en la gráfica I. del texto de Arnold Pacey:
LA CULTURA DE LA TECNOLOGIA.
María Concepción Caro García

IGNACIO MENDEZ RAMIREZ,

**"Relaciones entre investigación científica
e investigación tecnológica"**

**RELACIONES ENTRE INVESTIGACION CIENTIFICA
E INVESTIGACION TECNOLOGICA**

IGNACIO MÉNDEZ RAMÍREZ

Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM,

Introducción

Para poder señalar algunas relaciones entre ciencia y tecnología, intentaré primero algunas definiciones de ellas; después, realizaré un esbozo histórico del desarrollo de dichas relaciones a través del tiempo, para concluir propiamente señalándolas. Cabe destacar que las definiciones de ciencia y tecnología retomadas en este texto son similares.

Parto de que la técnica como tal nació mucho antes que la ciencia en base a prácticas constantes de ensayo y error y a su repetición permanente. Asimismo, considero que al surgir la ciencia en el Renacimiento, tuvo poco impacto sobre la técnica ya que más bien, la ciencia se nutrió en ese entonces de hechos, ideas e instrumentos que proveía la tecnología. De esta manera, apenas hace 200 años, se ha buscado de manera paulatina el apoyo de la ciencia para el desarrollo de la tecnología. El acercamiento institucional entre ciencia y tecnología se da de hecho hasta el siglo xx.

Definiciones y conceptos básicos

A.R. Wallace señaló que el hombre es el único animal capaz de efectuar una evolución dirigida no orgánica ya que él hace sus herramientas. Sin embargo, la identificación de esas herramientas con artefactos materiales

es arbitraria. El lenguaje y los conceptos abstractos también son herramientas. De hecho, todas las disciplinas parten de distinciones arbitrarias como ésta. Así se define como herramientas el ábaco y el compás, y por tanto como tecnología, pero la tabla de multiplicación o de logaritmos no lo son.

El objeto de la tecnología es "cómo hacer las cosas". Sin embargo, debería ser de acuerdo a Wallace, "cómo el hombre hace las cosas": el propósito es superar las limitaciones del ser humano como animal. Así, la tecnología capacita al hombre, un bípedo terrestre, para poder volar y sumergirse por largos periodos; al animal subtropical para poder sobrevivir en cualquier parte del mundo; a uno de los primates más lentos y débiles, para desplazarse a velocidades superiores al sonido y mover miles de toneladas. Asimismo, le permite sobrevivir unas tres o cuatro veces más que el periodo biológico (25 años) para asegurar su reproducción.

Este enfoque de la biología humana, concluye que la tecnología no tiene que ver nada más con cosas: herramientas, procesos y productos; más bien tiene que ver con trabajo, es decir, con la actividad específicamente humana por medio de la cual el hombre vence las leyes de su biología, que condenan a los otros animales a dedicar todo su tiempo y energía para mantenerse vivos el siguiente día o la siguiente hora.

Es así que podemos definir la tecnología como la acción humana sobre objetos físicos, o como un conjunto de objetos físicos que sirven a los propósitos humanos.

Las herramientas y técnicas disponibles, influyen fuertemente el tipo de trabajo que se puede realizar y las maneras de hacerlo, aunque el trabajo mismo, su estructura, organización y conceptos también influyen poderosamente en las herramientas, las técnicas y su desarrollo. De esta manera la organización del trabajo, es una de las principales formas para lograr esa evolución dirigida no orgánica, que es específicamente humana y que es en sí misma, una importante herramienta del hombre.

Abbagnano, en su diccionario de filosofía, da la siguiente definición: "Técnica es todo conjunto de reglas aptas para dirigir eficazmente una actividad cualquiera". En este sentido, la técnica no difiere de la ciencia ni del arte, ni de cualquier otro procedimiento u operación capaz de lograr un efecto cualquiera. Se pueden distinguir:

- a. Técnicas racionales. Que son relativamente independientes de sistemas particulares de creencias y pueden conducir a la modificación de tales sistemas. Ellas mismas son autocorregibles.
- b. Técnicas mágicas o religiosas. Que es posible ponerlas en acción sólo por sistemas de creencias particulares y no modificables. Ellas mismas son inmodificables.

Las técnicas racionales pueden dividirse en: simbólicas (ciencia y bellas artes), y de comportamiento (morales, políticas, económicas y de producción). Esta última es la que comúnmente se conoce como "técnica".

Davies *et al.* (1979) considera que "la actividad humana puede ser representada como: integración de ideas, objetos materiales y las vidas de la gente, y difiere en las proporciones de la mezcla. El científico, en un extremo de su trabajo (como en el estudio de la astronomía, la electricidad o la materia), sólo se preocupa por ideas y cosas, ya que su satisfacción puede ser la contemplación de una correlación o un modelo que encaje (por ejemplo, la teoría de la relatividad o de los cuanta). El comerciante, en su postura más ortodoxa, junta cosas y gente, sin ideas. El artista, que a veces puede trabajar sólo con ideas, suele preocuparse más por las ideas y las personas, con alguna atención a las cosas". Su definición de tecnólogo es la de una persona que trata con ideas, cosas y gente; es decir, en la intersección de los científicos, artistas y comerciantes. (Figura 1).

Los autores citados, definen al tecnólogo y con ello la tecnología, del siguiente modo: "... un tecnólogo sirve a unos fines sociales mediante el uso de la ciencia cuando ésta se encuentra disponible, y con técnica o empirismo cuando falta la ciencia. Su producción puede adquirir la forma de bienes o de sistemas y servicios. Generalmente emplea metodologías conocidas, pero allí donde éstas son insuficientes improvisa con lo desconocido, y a veces con ello genera nueva ciencia. Así, posee campos de actividad en común con los científicos, los comerciantes, los artesanos y artistas. No siempre ha dispuesto de la ayuda de la ciencia y obtuvo gran parte de su fuerza inicial a partir de la artesanía y la tradición, de las que dependían la medicina y la metalurgia moderna... y aunque suele emplear métodos lógicos, es arrastrado a menudo por percepciones artísticas y produce resultados artísticos en forma de puentes y edificios atractiva-

mente diseñados y emplazados, objetos de grácil aerodinámica, y esquemas y estrategias intelectualmente gratos”.

González Casanova (1987), da una definición amplia de técnica y considera que “la técnica es el dominio de un fenómeno de acuerdo a un modelo; es la reproducción de un conocimiento en la realidad. El dominio y el conocimiento pueden ser más o menos limitados; pero para que haya técnica es necesario poder actuar en la producción o reproducción de los hechos ideados. Hay distintas clases de técnicas: la técnica cotidiana o del trabajo manual, la técnica científica o del trabajo teórico, y lo que podríamos llamar la técnica mágica”.

Lo que González Casanova llama técnica cotidiana es lo que comúnmente conocemos como técnica y la técnica científica como ciencia aplicada.

Así, González Casanova considera que “la técnica cotidiana o del trabajo manual es aquella que se basa en las experiencias derivadas de la acción cotidiana, del trabajo diario, y consiste en una serie de procedimientos definidos prácticamente que dan resultados útiles. Estos procedimientos son transmitidos de unas generaciones a otras mediante explicaciones verbales y, sobre todo, mediante la imitación manual y práctica.

La técnica científica también llamada técnica del trabajo teórico se basa en el análisis metódico de las experiencias pasadas y presentes; se transmite a través del estudio de conceptos, hipótesis, leyes y teorías científicas, y de su aplicación organizada y sistemática a la producción de determinados efectos mediante la manipulación de factores e instrumentos, determinados a su vez teórica y prácticamente”.

La técnica mágica en principio, no se distingue de la cotidiana, salvo que recurre a explicaciones sobrenaturales.

La técnica cotidiana corresponde a la filosofía del llamado “sentido común”; sentido común entendido como “el conjunto de opiniones que han sido admitidas en una época y lugar dados, de una manera tan general, que las opiniones contrarias aparecen como aberraciones individuales, que sería inútil refutar seriamente y de las que más valdría burlarse si son ligeras, o a las que habría que eliminar si son graves”.

El sentido común refleja la lenta evolución que caracteriza a las técnicas cotidianas y su tendencia a permanecer iguales, a veces durante siglos.

A la técnica científica o del trabajo teórico corresponden el llamado espíritu científico y la filosofía científica. El espíritu científico consiste en una actitud intelectual que postula la necesidad de verificar cualquier concepto mediante la observación y la experiencia. Exige un rigor metódico, el conocimiento pleno de la teoría científica para su aplicación a un problema particular o para la eliminación y substitución rigurosa de la teoría, cuando nuevas observaciones y experiencias revelan su inexactitud, o permiten elaborar otra nueva teoría que refleje con más precisión la realidad.

Cuando la naturaleza se convierte en la herramienta más importante empleada por el hombre para ejercer un control sobre ella misma, se le denomina técnica natural; asimismo, cuando el hombre se convierte en el instrumento por medio del cual él mismo podrá ejercer control sobre otros hombres, se le llama técnica social.

Esbozo histórico

No toda técnica es científica. La “revolución” del paleolítico se dio con el uso y fabricación de instrumentos de piedra, la agricultura y domesticación de animales, representó la propagación de muchas técnicas; posteriormente se desarrolló la navegación y se dio la fabricación de instrumentos con bronce, luego hierro y finalmente acero. Prácticamente, todo el desarrollo de la humanidad hasta la Edad Media, se basó en técnicas no apoyadas en la ciencia, ya que la ciencia como tal surge hasta el Renacimiento, principalmente en Italia. Es así que se puede afirmar que aún hay desarrollos técnicos que no se basan en la ciencia, aunque ciertamente mientras más avanza la ciencia, hay más tecnología apoyada en ella.

Un claro ejemplo de que la técnica no requiere forzosamente del conocimiento científico, es el proceso de elaboración del pulque que desarrollaron los aztecas al fermentar el aguamiel del maguey, sin conocer la existencia de los microorganismos que provocan dicha fermentación. Sin embargo, sí sabían cómo iniciar y terminar el proceso.

La edad en que las ciudades se formaron alrededor de los ríos o lagos, para llevar a cabo una producción agrícola permanente, es reconocida por Drucker (1970), como la primera revolución tecnológica que provocó cambios importantes en muchos aspectos, entre ellos:

1. Establecimiento de un gobierno como una institución con estructura jerárquica y formación de la burocracia que permitió la creación de un imperio basado en la irrigación. Surgimiento del hombre como ciudadano y del primer dios supratribal. Distinción entre costumbre y ley, con el desarrollo de un sistema legal abstracto, impersonal. Creación de un ejército para defender a los agricultores que eran estables y vulnerables, pero proveían el alimento a todos. Con el ejército, se desarrolló la tecnología de guerra: caballos, carros, lanzas, escudos, armaduras y catapultas.
2. Desarrollo de clases sociales: agricultores, soldados y clase gobernante (sacerdotes y nobles). Especialización de labores: artesanos y artistas; carpinteros, vinateros, herreros, alfareros y profesionales; escribanos, abogados, jueces, médicos y comerciantes.
3. Se organizó e institucionalizó el conocimiento para mantener los sistemas de irrigación, defensa, comercio y gobierno y se impulsó la astronomía para predecir las distintas estaciones y épocas de lluvias en el año así como para dirigir los viajes por tierra y la navegación por mar. Se crearon las primeras escuelas y surgieron los primeros maestros; desarrollándose por primera vez un sistema para observar los fenómenos naturales, que de hecho, se convirtió en la primera visión de la naturaleza como algo ajeno, independiente y diferente al hombre, gobernado por sus propias leyes racionales. Es en ese momento cuando nace, aunque pobre, la ciencia.
4. Reconocimiento del individuo y con él, la afirmación de los conceptos de compasión y justicia así como de la existencia de las artes y los poetas; los sacerdotes y filósofos.

Estos aspectos nos llevan de inmediato a considerar el impacto de la tecnología en la transformación de la sociedad y podemos resumirlo en tres puntos:

- a. Un cambio tecnológico importante crea la necesidad de innovaciones políticas y sociales, ya que hace obsoletas las relaciones institucionales existentes.
- b. Los cambios tecnológicos específicos demandan innovaciones políticas y sociales también específicas.
- c. El cambio tecnológico, no hace inevitables ciertas instituciones, si requiere cambio social y económico, pero la dirección del cambio depende de los propósitos y valores específicos de la sociedad. Por ejemplo, las civilizaciones americanas no separaron ley de costumbre, ni inventaron la moneda, ¡pero tampoco usaron la rueda!

Desde hace 200 años iniciamos una gran revolución tecnológica, que aún no termina y por eso seguimos sufriendo cambios socioeconómicos. Enfrentamos la gran tarea de identificar las innovaciones políticas y sociales necesarias, y la tarea aún mayor de procurar que esas nuevas instituciones se apeguen a los valores en los que creemos y que aspiren a las finalidades que consideramos correctas y sirvan a los propósitos humanos con libertad y dignidad.

La tecnología, como la conocemos hoy (un trabajo sistemático y organizado sobre las herramientas materiales del hombre) nace en la revolución industrial y agrícola que se inicia en el siglo XVIII. Fue entonces cuando se establecieron las disciplinas tecnológicas para aprenderse y enseñarse, y poco a poco se dio la reorientación de la ciencia hacia el estímulo y alimentación de esas nuevas disciplinas de aplicación tecnológica. Así, la agricultura y las artes mecánicas cambiaron casi al mismo tiempo aunque independientemente, ya que desde ese siglo se usaron máquinas para cultivar la tierra, tiradas por caballos y se mejoró al ganado genéticamente. Estas ideas se publicaron y extendieron; los rendimientos se duplicaron y la mano de obra disminuyó a la mitad. Esto hizo posible la migración de los trabajadores a las ciudades, donde se convirtieron en consumidores y obreros de las nacientes industrias.

En 1780 se funda el primer colegio de agricultura en Alemania. En 1747 en Francia una escuela técnica industrial; en 1776 la escuela de minas de Freiberg, Sajonia y en 1794 la escuela politécnica de París, con la profesión de ingeniero.

La medicina fue la disciplina que tardó más tiempo en adoptar una base científica. Van Swieten, médico holandés, trató en vano de unir la clínica con algunos conocimientos anatómicos y etiológicos publicados por Morgagni y Boerhaave en 1700; pero como la medicina era practicada por un grupo de médicos organizados y respetados, no aceptaron las nuevas ideas. Fue hasta que la Revolución Francesa abolió todas las sociedades y escuelas de medicina, que se efectuó un cambio drástico. En 1820 en París, Corvisart unió la práctica con los conocimientos científicos, aunque la oposición a la ciencia continuaba fuerte; así Semmelweis fue exiliado de Viena, alrededor de 1840, después de su magnífico estudio sobre la fiebre puerperal. Hasta 1850 surge la medicina científica tecnológica organizada con Bernard, Pasteur, Lister, Koch y otros. Todos ellos eran científicos con un deseo de hacer, y no únicamente de saber.

Derry y Williams (1988) en *Historia de la tecnología*, reseñan con detalle la historia de todas las grandes tecnologías desde la antigüedad hasta 1950. Señalan que la ciencia se incorpora a la tecnología precediendo y condicionando los avances tecnológicos. Sin embargo, esto no ocurrió hasta que tanto la ciencia como la tecnología estuvieron organizadas. Veamos, por ejemplo, las declaraciones de la Royal Society en 1718:

El examen de peticiones de patentes fue una de las primeras misiones encomendadas a la Royal Society en 1662, claro ejemplo de la relación cada vez mayor, existente entre los científicos y tecnólogos, característica de la sociedad moderna.

Las sociedades culturales, que fueron un producto temprano del movimiento científico, ejercieron asimismo cierta influencia directa sobre la tecnología, al organizar la recopilación y publicación sistemática de datos para ilustrar las condiciones existentes en sus distintas ramas, así como las historias exactas de toda clase de curiosos y benéficos oficios de todos los países.

Derry y Williams (1988) señalan también que: "La segunda mitad del siglo XVII fue la época en que la tecnología más avanzada estaba intentando ponerse en contacto con la ciencia".

El nacimiento del espíritu científico fue una característica notable del Renacimiento: los hombres dejaron de aceptar a ciegas las opiniones de los antiguos, referentes al universo y a las leyes que supuestamente regían el mundo natural; el dogma fue sometido a la experiencia, y cuando no su-

peró la prueba, fue rechazado y se formularon nuevas teorías. Había nacido así, la ciencia en el sentido moderno de la palabra, momento a partir del cual se hicieron rápidos progresos en matemáticas, física, química y biología. Pero las consecuencias inmediatas para la tecnología permanecieron confinadas a unos pocos campos especializados; principalmente, el progreso técnico dependía todavía de la utilización de métodos empíricos por hombres prácticos. "En conjunto, hasta 1750 la ciencia obtuvo probablemente más de la tecnología que ésta de aquélla: algunas de las excepciones más notables fueron los instrumentos náuticos, la aplicación del principio del péndulo para medir el tiempo y la creciente utilización de la química".

Relaciones entre investigación tecnológica y científica

A partir del Renacimiento, la ciencia intentó explicar por qué funcionaban muchas tecnologías; en otras palabras, buscó el conocimiento por sí mismo, pero su inspiración fue la naturaleza y sus productos modificados por la tecnología. Así por ejemplo, Pasteur explicó la fermentación y putrefacción conocida y desarrollada por el hombre desde 6 ó 7 mil años antes. Clausius y Kelvin dieron una formulación científica al comportamiento termodinámico de la máquina de Watt. Esto impactó a la ciencia definida como "la búsqueda sistemática de conocimiento racional". Fue así que la idea de conocimiento cambió su significado y pasó de ser únicamente "entendimiento" proyectado en la mente del hombre, para convertirse en "control": conocimiento enfocado a su aplicación en la tecnología. Podemos decir que nació entonces una "ciencia aplicada".

Alrededor de 1700 Harvey descubrió la circulación de la sangre y desaprobó la práctica del sangrado. Sin embargo, en 1827 Francia importó 33 millones de sanguijuelas para realizar dicho sangrado y se continuó aplicando hasta fines del siglo XIX. La práctica citada desapareció no por el conocimiento científico sino por la observación clínica. También tenemos que los mismos médicos que practicaban la vacunación descubierta por Jenner a mediados del siglo XVIII, enseñaban teorías que a la luz de la vacunación eran absurdas.

Una explicación muy probable de estos sucesos es que la ciencia y la tecnología no eran contempladas como disciplinas complementarias, ya que no tenía nada que ver una con la otra: la ciencia era una rama de la

filosofía que trabajaba con el conocimiento y su objetivo era superar la mente humana. La tecnología, por el otro lado, era contemplada en su sentido utilitario ya que su objetivo era incrementar la capacidad humana para hacer. La ciencia trataba con lo más general y la tecnología con lo más concreto. Esta fue la situación prevaleciente hasta principios de este siglo.

Los científicos, con raras excepciones, no se preocupaban por las aplicaciones de su nuevo conocimiento científico y aún menos por el trabajo tecnológico necesario para hacerlo aplicable. Similarmente, el tecnólogo, hasta épocas muy recientes, rara vez tenía contacto con los científicos y no consideraba importantes sus hallazgos para el trabajo tecnológico. Hoy, la ciencia requiere de su propia tecnología que es muy avanzada. Pero los adelantos tecnológicos logrados por el científico constructor de instrumentos, como una regla, no fueron extendidos a otras áreas y no condujeron a nuevos productos para el consumidor o nuevos procesos para el artesano y la industria. El primer constructor de instrumentos que se hizo importante fuera del campo científico fue Watt, el inventor del motor de vapor. Otros desarrollos aislados de los científicos del siglo XIX, fueron los fertilizantes de Von Liebig y los colorantes de Perkin; la ingeniería eléctrica partió del trabajo de físicos como Faraday, Henry, Helmholtz, Hertz y Maxwell.

Con la primera guerra mundial, todos los países beligerantes movilizaron a los científicos en el esfuerzo bélico y entonces la industria descubrió la enorme potencialidad de la ciencia para generar ideas e indicar soluciones tecnológicas. Asimismo, descubrieron el reto de los problemas tecnológicos.

Ahora, una gran proporción del trabajo tecnológico se basa conscientemente en el esfuerzo científico. De hecho, muchos laboratorios de investigación industrial realizan investigación en ciencia "pura"; además, los resultados de la investigación científica sobre las propiedades de la naturaleza, sea en física, química, biología, geología o cualquier ciencia, se analizan inmediatamente por miles de "científicos aplicados" y tecnólogos para averiguar sus posibles aplicaciones en la tecnología. Actualmente la tecnología no es sólo "la aplicación de la ciencia a productos y procesos", esto es una sobresimplificación. Sin embargo, en algunas áreas como química de polímeros, farmacéutica, energía atómica, exploración espacial y computación, la línea entre investigación científica y tecnológica es imperceptible.

El "saber cómo" del tecnólogo lleva más tiempo y esfuerzo en la mayoría de los casos que el "saber por qué" del científico.

Cuando los conocimientos científicos no nos permiten hacer una predicción aceptablemente exacta sobre el comportamiento de la naturaleza o la sociedad, entonces recurrimos a la exploración o experimentación empírica cuidadosa. Así se han encontrado las dosis de antibióticos adecuados, fórmulas de fertilización en cultivos agrícolas, proporción de componentes en una aleación metálica o algunas técnicas didácticas. Para mí, ésta es una actividad ubicada claramente en la frontera de la técnica y la ciencia ya que se usa una metodología rigurosa, eliminando factores que oscurecen el estudio, pero no hay una teoría que explique todo el proceso.

Box, Hunter y Hunter (1988) abordan un gran número de investigaciones tecnológicas. En particular en la figura 2 se reportan los resultados de un estudio en el que se varió la temperatura y el tiempo de una reacción química, para encontrar las condiciones que maximizan el producto químico resultante; además se hicieron pruebas con viscosidad e índice de color adecuados. Este es un caso donde los conocimientos científicos no son suficientes para dar la respuesta al problema planteado y se recurre a la experimentación empírica apoyada en modelos estadísticos.

Todos los que escriben sobre tecnología, reconocen que existen una serie de factores extraordinarios (variados y complejos) que juegan un papel importante en la tecnología, y que son a su vez, influenciados por ella: el sistema económico y legal, las instituciones políticas y los valores sociales, las abstracciones filosóficas, las creencias religiosas y el conocimiento científico.

El 21 de octubre de 1879, Edison logró mantener encendida una bombilla eléctrica durante poco tiempo. Con este experimento, el científico sentó las bases de la investigación tecnológica:

1. Definición de una necesidad: convertir la electricidad en luz.
2. Un objetivo claro: crear un recipiente transparente en el que la resistencia a la corriente calentara una sustancia al "blanco".
3. Identificación de los pasos principales y de las piezas que hay que elaborar: la fuente de poder, el contenedor y el filamento.

4. Retroalimentación de los resultados al plan de trabajo: encontrar que se requería un tubo de "vacío" en lugar de un tubo con un gas inerte.

5. Organización del trabajo de modo que cada segmento principal del proceso, se asigna a un equipo específico.

El trabajo tecnológico de este siglo se caracteriza por tres aspectos separados aunque muy relacionados:

1. Cambios estructurales: la profesionalización, especialización e institucionalización del trabajo tecnológico.

2. Cambios de metodología: la nueva relación entre ciencia y tecnología, la emergencia de la investigación sobre sistemas y el concepto de innovación; y

3. El enfoque de sistemas.

Desde la edad de piedra hasta hace 200 años aproximadamente y como una tendencia general, los artesanos (médicos, herreros, afareros, etcétera) usaban sus conocimientos para mejorar sus formas de vida y muerte, su trabajo, su alimentación y sus formas de convivencia. La revolución tecnológica moderna alcanzó tal impacto en la mente del hombre que ahora la aplicación y el saber; la materia y la mente; la herramienta y el propósito; el conocimiento y el control se han unido.

Ahora la tecnología es importante precisamente porque ha unido el universo del hacer con el del conocer, conectando la historia natural con la historia intelectual del hombre.

Ortega y Gasset, en Gardner (1986) comentan que el progreso científico ha eliminado a los enciclopedistas. Ahora el científico conoce sólo una ciencia determinada, y además de esa ciencia, sólo conoce bien la pequeña porción en la que él es investigador activo. Llega a proclamar como una virtud el no enterarse de cuánto quede fuera del angosto paisaje que especialmente cultiva, y llama diletantismo a la curiosidad por el conjunto del saber. Se considera un sabio-ignorante, cosa de sobremanera grave, pues significa que es un señor el cual se comportará en todas las cuestiones que ignora, no como un ignorante, sino con toda la petulancia

de quien en su cuestión especial es un sabio. Y, en efecto, éste es el comportamiento del especialista. En política, en arte, en los usos sociales, en las otras ciencias tomará posiciones primitivas, que reflejan su gran ignorancia; pero las tomará con energía y suficiencia, sin admitir —y esto es lo paradójico— especialistas de esas cosas”.

Se habla de la revolución científico-técnica, para señalar los enormes cambios en la ciencia y la tecnología ocurridos principalmente en el último siglo. Se refiere fundamentalmente al uso de la energía atómica, las computadoras, los nuevos materiales y la biotecnología.

Si antes el dominio de la técnica se limitaba principalmente a la producción de bienes materiales, ahora afecta profundamente toda la vida social y los modos de pensamiento.

La revolución científico-técnica infunde muchas esperanzas para la humanidad. Sin embargo, el entusiasmo y la fe en la ciencia con los desarrollos técnicos que ella promueve, y que existió desde mediados del siglo pasado a mediados del presente, se ha visto disminuido y empañado por algunas consecuencias negativas de ese “progreso” como la contaminación, el agotamiento de recursos naturales y la enajenación.

Como ha señalado Bertrand Russell en Gardner (1986), “en un mundo científico necesitamos un código moral un tanto distinto del que heredamos del pasado. Pero dar a un nuevo código moral la suficiente fuerza coercitiva como para frenar acciones anteriormente consideradas inofensivas no resulta sencillo, ni puede lograrse en un sólo día”.

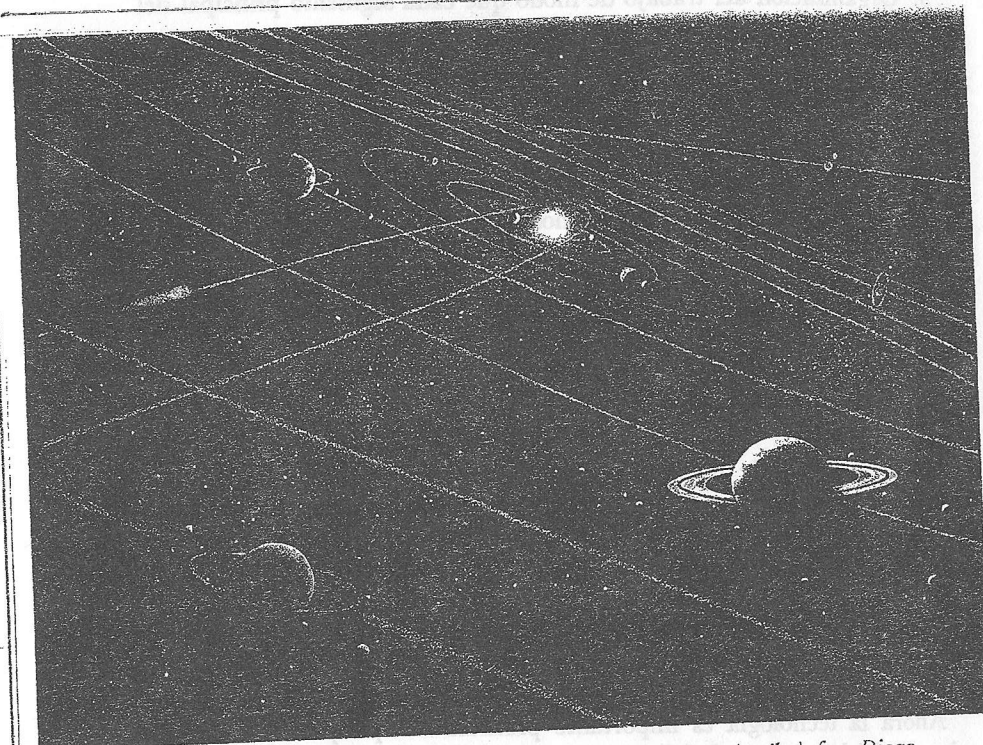
Es absolutamente indispensable, aunque se reconoce lo difícil de la empresa, que los científicos y técnicos obtengan una formación sólida en sus áreas de especialización, pero con una cultura amplia, que les dé elementos de filosofía, arte y humanismo en general.

FILOSOFIA

FILOSOFIA (del griego *phileo*, amor, y *sophia*, sabiduría, es decir, amor a la sabiduría). Forma de la conciencia social que representa el sistema de los conceptos más generales acerca del mundo y del lugar que el hombre ocupa en él: base teórica de la *concepción del mundo*. Desde los tiempos más remotos el hombre ha tratado de explicarse su relación con respecto al mundo circundante, de plantearse la cuestión relativa al origen y esencia de su conciencia, de las leyes que regulan los cambios que se operan en los fenómenos de la naturaleza y la vida social. La filosofía aparece como forma de la conciencia social en la sociedad esclavista, cuando se amplía la esfera de la influencia del hombre sobre la naturaleza, cuando el trabajo intelectual se separa del físico y la sociedad se escinde en clases antagónicas que tienen una concepción del mundo distinta. Inicialmente formaban parte de la filosofía todos los conocimientos acumulados por la humanidad; la filosofía era una ciencia indivisa. Pero en el transcurso de la evolución del conocimiento comenzaron a separarse de ella algunas esferas del conocimiento independientes; sobre esta base se operó el proceso de formación de una problemática propiamente filosófica: el *problema fundamental de la filosofía* (problema de la correlación entre el pensamiento y el ser, entre la conciencia y la materia; teoría acerca de la esencia, formas y leyes del desarrollo del conocimiento (*teoría del conocimiento y lógica*; teoría acerca de la fuente y regularidades genera-

les del movimiento y desarrollo de los fenómenos (concepción dialéctica o metafísica del desarrollo); teoría acerca de la naturaleza del ser social y de las leyes generales de su desarrollo (*sociología*); teoría de la moral (*ética*); teoría de la naturaleza de lo bello (*estética*). El desarrollo de la filosofía, al igual que el de las demás formas de la conciencia social, se halla condicionado por el ser social: los cambios operados en el régimen social se reflejan en la cabeza de los hombres, en sus opiniones filosóficas. Pero a la par con esto el desarrollo de la filosofía se caracteriza por disponer de independencia relativa. Sobre el movimiento del conocimiento filosófico influyen las teorías ya aparecidas y las nacientes, las tradiciones y el material ideológico acumulado. La filosofía misma ejerce influencia sobre la vida social: la filosofía avanzada coadyuva al progreso de la sociedad mientras que la reaccionaria lo frena.

Extraído del diccionario marxista de filosofía,
I. Blauberg.



Como Kepler, el astrónomo que hizo de las órbitas planetarias elipses (arriba), fray Diego Rodríguez fue un hombre de ciencia influido por el mecanicismo, que postulaba la explicación del cosmos como una maquinaria, y el hermetismo, una corriente filosófico-científica que encontraba relaciones mágicas en las fuerzas de la naturaleza.

SOCIEDAD

sociedad. Grupo de seres humanos que cooperan en la realización de varios de sus intereses principales, entre los que figuran, de modo invariable, su propio mantenimiento y preservación. El concepto de sociedad comprende la continuidad, la existencia de relaciones sociales complejas y una composición que contiene representantes de los tipos humanos fundamentales, especialmente hombres, mujeres y niños. De ordinario, también, existe el elemento de asentamiento territorial. La sociedad es un grupo actuante, al extremo de que con frecuencia se la define en términos de relaciones o procesos. Es el grupo humano básico y en gran escala. Debe diferenciarse radicalmente de los grupos o agregaciones fortuitos, temporales o no representativos, tales como una multitud, los pasajeros de un barco, los espectadores de un juego de pelota o los habitantes de un campamento militar.

socializar. Proceso de enseñar al individuo, a través de diversas relaciones, organizaciones educativas y regulaciones sociales, a acomodarse a la vida en su sociedad. No implica valoración moral alguna, sino más bien un ajuste suficiente a los usos sociales y costumbres de su tiempo y lugar para convertirlo en un miembro activo de su comunidad.—F.D.W.

Diccionario de Sociología (FCE.)

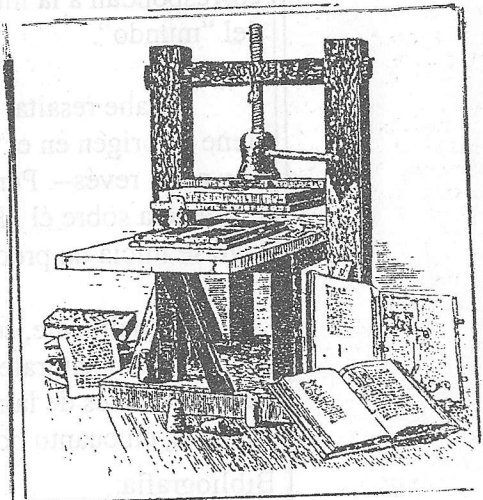
CULTURA

CULTURA (del latín, *kultura*, cultivo, elaboración). Conjunto de todos los aspectos de la actividad transformadora del hombre y la sociedad, así como de los resultados de esta actividad. Existen diferencias entre la cultura material y la espiritual. Con la prime-

ra se relacionan todos los bienes materiales, todos los medios de producción. La segunda comprende la suma de todos los conocimientos, de las formas del pensamiento y en general la esfera de la concepción del mundo: filosofía, ciencia, ética, derecho, etc., así como la esfera de la actividad estética —figurativa— (por ejemplo, el arte). Estos elementos de la cultura se hallan vinculados indisolublemente entre sí. La actividad material, productiva, del hombre es el fundamento de su actividad en las demás esferas de la vida. Por otro lado, los resultados de su actividad síquica se materializan, se transforman en cosas, en medios técnicos, en obras de arte. Así, por ejemplo, nuestros conocimientos en electrotecnia tienen que ver con la cultura espiritual, y por su parte, el motor eléctrico, o el tren eléctrico, contruidos sobre la base de esos conocimientos, forman parte de la cultura material. Las raíces de la cultura se remontan a las profundidades de la historia y se hallan ligadas a la aparición del hombre. El desarrollo de la cultura indica el grado en que el hombre domina las fuerzas de la naturaleza, el nivel de evolución en que se encuentra el hombre mismo, el alcance de sus conocimientos, el perfeccionamiento de sus capacidades, etc. Al modificar el medio ambiente, al adaptarlo a sus necesidades y exigencias, el hombre crea el medio cultural, del que forman parte: los recursos técnicos, la vivienda, los servicios comunales, los medios de transporte (caminos, vehículos), medios de comunicación (idioma, escritura, radio, televisión), etc. Actualmente el hombre vive en un ambiente cultural, le rodean de hecho sus propias creaciones. Base del progreso de la cultura la constituye el desarrollo de la producción material. La sustitución de un modo de producción por otro implica modificaciones cuali-

tativas en la cultura. Cada formación económico-social se caracteriza por disponer de un nivel propio de cultura material y espiritual. Ahora bien, el paso de un nivel de desarrollo cultural a otro se apoya siempre en la utilización de los logros culturales del pasado, sin los cuales no sería posible el progreso de la sociedad.

Extractado del diccionario marxista de Filosofía.



Gutenberg añadió a la imprenta de tipos móviles una prensa que facilitaba el entintado. Ésta es de inicios del siglo XVI.

La Cultura

La cultura es un modo específico del “existir” y del “ser” del hombre. La persona es el único sujeto óntico de la cultura y también su único objeto y su término, es decir, la cultura proviene del ser humano, está en función de él y es para él.

La cultura es el universo humanizado que una colectividad se crea, consciente o inconscientemente: es su propia representación del pasado y su proyecto del futuro, sus instituciones y sus creaciones típicas, sus costumbres y sus creencias, sus actitudes y sus comportamientos característicos, su manera original de comunicar, de trabajar, de celebrar, de crear técnicas y obras reveladoras de su alma y de sus valores últimos. Por un lado la cultura es la mentalidad típica que adquiere todo individuo que se identifica con una colectividad, es el patrimonio humano transmitido de generación en generación.

La cultura se constituye verdaderamente a través del trabajo del trabajo que implica la “transformación de la naturaleza” y también la “transmutación del mundo”, pero a condición de que esta transformación y transmutación correspondan a la inteligencia del hombre y contemporáneamente a un orden objetivo de la “naturaleza” o también del “mundo”.

Cabe resaltar que toda auténtica cultura posee un doble dinamismo. De un lado, ya se ha visto que la cultura tiene su origen en el ser humano a través del tiempo -- y por esa razón se insiste en que la cultura está al servicio de él y no al revés-- . Pero esa cultura creada por el ser humano se convierte en algo objetivo externo al hombre con influencia sobre él . Puesto en otros términos, la acción humana no se realiza en una sola dirección. Cuando se hace algo se inicia un proceso interactivo.

Finalmente, se tiene que el sentido último de la cultura es que el ser humano llegue a ser lo que debe ser de acuerdo a su naturaleza, es decir de acuerdo a la norma de su propio ser -- que no es otra cosa que las inclinaciones fundamentales de la naturaleza humana expresadas en la ley natural. La cultura es aquello a través de lo cual el hombre, en cuanto hombre, se hace más hombre, “es” más, accede más al “ser”.

Bibliografía:

Juan Pablo II, *Discurso a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, en la sede de la UNESCO*, París, 2/6/1980, 6.

Juan Pablo II, *Discurso a los profesores, a los universitarios y a los hombres de la cultura*, Coimbra, 15/5/1982.

LUIS VILLORO

EL SENTIDO DE LA HISTORIA

Historia, ¿para qué? La primera respuesta en acudir a la mente sería: la historia obedece a un interés general en el conocimiento. Al historiador le interesa, como a cualquier científico, conocer un sector de la realidad; la historia tendría como objetivo el esclarecimiento racional de ese sector. En este sentido el interés del historiador no diferiría del que pudiera tener un entomólogo al estudiar una población de insectos o un botánico al clasificar las diferentes especies de plantas que crecen en una región. Igual que al entomólogo o al botánico, al historiador le basta esa afición por el conocimiento para justificar su empeño. Sin duda así sucede con cualquier ciencia: se justifica en el interés general por conocer, el cual cumple una necesidad de la especie. Porque la especie humana requiere del conocimiento para lograr aquello que en otras obtiene el instinto: una orientación permanente y segura de sus acciones en el mundo.

Con todo, quien diera esta respuesta correría el riesgo de disgustar a más de un historiador. Cualquier historiador pensaría que, después de todo, su disciplina tiene una relevancia para los hombres mayor que la de un entomólogo, y que sus investigaciones, aunque presididas por un interés en conocer, están motivadas también por otros afanes más vitales, ligados a su objeto. Una colonia de

ábejas no puede despertar en nosotros, diría, el mismo tipo de interés que una colectividad humana. Si logramos determinar el objeto al que se dirige la atención del historiador, frente al que retiene la de otros científicos, daríamos quizá con una diferencia específica del conocimiento histórico.

Un acercamiento podría ser: la historia responde al interés en conocer nuestra situación presente. Porque, aunque no se lo proponga, la historia cumple una función: la de comprender el presente. Desde las épocas en que el hombre empezó a vivir en comunidad y a utilizar un lenguaje, tuvo que crear interpretaciones conceptuales que pudieran explicarle su situación en el mundo en un momento dado. En los pueblos primitivos el pensamiento mítico tiene a menudo un sentido genético. Muchos mitos son etiológicos: intentan trazar el origen de una comunidad, con el objeto de explicar por qué se encuentra en determinado lugar y en tales o cuales circunstancias. Algunos pueblos invocan leyendas para dar razón de la presencia de la tribu en un paraje y de su veneración por algún lugar sagrado, por ejemplo: los primeros ancestros surgieron del fondo de la tierra por una cueva situada en el centro del territorio de la tribu. Otros pueblos atribuyen su origen a un antepasado divino, más o menos semejante al hombre, cuyas actividades, fundadoras de costumbres o instituciones, narran los mitos. El totemismo tiene, entre otros aspectos, el de remitir a la génesis de una colectividad humana: hay clanes que nacieron de un determinado animal, otros, de otro; esto explica la peculiaridad de sus caracteres y hábitos. El origen de diferentes institucio-

nes, regulaciones y creencias suele también señalarse en acontecimientos que sucedieron en un tiempo remoto. Así, hay mitos para explicar las relaciones de parentesco, que las refieren a un momento en que se establecieron, leyendas que justifican el poder de ciertas personas por alguna hazaña de sus antecesores semihumanos, mitos que dan razón, por sucesos del pasado remoto, de una emigración, de la crección de un poblado, de la preferencia por una especie de caza, de un hábito alimenticio. Parecería que, de no remitirnos a un pasado con el cual conectar nuestro presente, éste resultara incomprensible, gratuito, sin sentido. Remitirnos a un pasado dota al presente de una razón de existir, explica el presente.

Esta función que cumplía el mito en las sociedades primitivas la cumple la historia en las sociedades desarrolladas. Un hecho deja de ser gratuito al conectarse con sus antecedentes. A menudo la conexión es interpretada como una explicación y el antecedente en el tiempo, como causa. En historia se suelen confundir las dos acepciones de la palabra "principio". "Principio" quiere decir "primer antecedente temporal de una secuencia", "inicio", pero también tiene el sentido de "fundamento", de base en que descansa la validez o la existencia de algo, como cuando hablamos de "los principios del derecho", o "del Estado". La historia quizá nazca, como lo hizo notar Marc Bloch, de lo que él llamó "ídolo de los orígenes" o "ídolo de los principios", es decir, de la tendencia a pensar que al hallar los antecedentes temporales de un proceso, descubrimos también los fundamentos que lo explican.

La historia nacería, pues, de un intento por comprender y explicar el presente acudiendo a los antecedentes que se presentan como sus condiciones necesarias. En este sentido, la historia admite que el pasado da razón del presente; pero, a la vez, supone que el pasado sólo se descubre a partir de aquello que explica: el presente. Cualquier explicación empírica debe partir de un conjunto de hechos dados, para inferir de ellos otros hechos que no están presentes, pero que debemos suponer para dar razón de los primeros. Así también en la historia. El historiador pensará, por ejemplo, que el Estado actual puede explicarse por sus orígenes, pero si se propone esa tarea es justamente porque ese Estado existe, en el presente, con ciertas características que plantean preguntas; y son esas preguntas las que incitan a buscar sus antecedentes. El historiador tiene que partir de una realidad actual, nunca de una situación imaginaria; esto es lo que separa su indagación de la del novelista, quien también, a menudo, escudriña en el pasado. Quiere esto decir que, a la vez que el pasado permite comprender el presente, el presente plantea los interrogantes que incitan a buscar el pasado. De allí que la historia pueda verse en dos formas: como un intento de explicar el presente a partir de sus antecedentes pasados, o como una empresa de comprender el pasado desde el presente. Puede verse como "retrodicción", es decir, como un lenguaje que infiere lo que pasó a partir de lo que actualmente sucede. Esta observación podría ponernos en la pista de una motivación importante de la historia. El historiador, al examinar su presente, suele plantearle preguntas concretas. Trata

de explicar tal o cual característica de su situación que le importa especialmente, porque su comprensión permitirá orientar la vida en la realización de un propósito concreto. Entonces, al interés general por conocer se añade un interés particular que depende de la situación concreta del historiador. Es cierto que ese interés particular puede quedar inexpresado, oculto detrás de la obra; es cierto también que a menudo puede permanecer inconsciente para el historiador, asunto de psicología, al margen de los métodos históricos empleados; pero aunque no esté dicho, se muestra en las preguntas —explícitas o tácitas— que presiden la obra histórica. Así, el intento por explicar nuestro presente no puede menos de estar motivado por un querer relacionado con ese presente. Benedetto Croce describía así la historia: "el acto de comprender y entender inducido por los requerimientos de la vida práctica". En efecto, la historia nace de necesidades de la situación actual, que incitan a comprender el pasado por motivos prácticos.

Si nos fijamos en esta relación presente-pasado veremos cómo son intereses particulares del historiador, que se originan en su coyuntura histórica concreta, los que suelen moverlo a buscar ciertos antecedentes, de preferencia a otros. A modo de ejemplos podríamos recordar algunos momentos de la historiografía. La historia política con base documental tiene sus inicios en historiadores renacentistas italianos: ellos necesitaban indagar los antecedentes en que se basaban los pequeños estados de la península, con el objeto de recomendar a los príncipes las medidas eficaces para consolidarse. El comienzo

de una metodología crítica se encuentra en historiadores y teólogos de la Reforma protestante. ¿Por qué en ellos? Porque querían hacer de lado lo que consideraban aberraciones del catolicismo; había que explicar por qué la Iglesia se había corrompido y redescubrir el mensaje auténtico del Evangelio, para normar sobre él sus vidas. Para ello tuvieron que establecer métodos más confiables, que permitieran discriminar entre los documentos verdaderos y los falsos, someter a crítica la veracidad de los testigos, antiguos padres, legisladores e historiadores de la Iglesia, determinar los autores y las fechas de elaboración de los textos. Para poder demostrar la justeza de sus pretensiones tuvieron que intentar un nuevo tipo de historia. Por más útiles que hayan sido al interés general de la ciencia, los inicios de la crítica documental estuvieron motivados por un interés particular de la vida presente.

Pensemos en ejemplos más cercanos a nosotros. La historia de México nace a partir de la conquista. Los primeros escritos responden a un hecho contemporáneo: el encuentro de dos civilizaciones; intentan manejarlo racionalmente para poder orientar la vida ante una situación tan desusada. De allí los diferentes tipos de historia con que nos encontramos. Los cronistas escriben con ciertos objetivos precisos: justificar la conquista o a determinados hombres de esa empresa, fundar las pretensiones de dominio de la cristiandad o de la Corona, dar fuerza a las peticiones de mercedes de los conquistadores o aun de nobles indígenas. Otras obras tienen fines distintos: las historias de los misioneros están dirigidas principalmente a explicar

y legitimar la evangelización, esto es, la colonización cultural. Un examen superficial de las historias escritas por misioneros basta para percatarnos de que responden a una pregunta planteada por el presente: ¿cómo es posible "salvar" a ese nuevo pueblo, es decir, asimilarlo a los valores espirituales de la cristiandad? En el siglo XIX el condicionamiento de la historia por los requerimientos presentes es aún más claro. Las historias que escriben Bustamante, Zavala, Alamán están regidas por la misma idea: urge rastrear en el pasado inmediato las condiciones que expliquen por qué la nación ha llegado a la situación postrada en que se encuentra; al mismo tiempo que contestan preguntas planteadas por su situación, justifican programas que orientan la acción futura.

La historia intenta dar razón de nuestro presente concreto; ante él no podemos menos que tener ciertas actitudes y albergar ciertos propósitos; por ello la historia responde a requerimientos de la vida presente. Debajo de ella se muestra un doble interés: interés en la realidad, para adecuar a ella nuestra acción, interés en justificar nuestra situación y nuestros proyectos; el primero es un interés general, propio de la especie, el segundo es particular a nuestro grupo, nuestra clase, nuestra comunidad. Por ello es tan difícil separar en la historia lo que tiene de ciencia de lo que tiene de ideología. Sin duda, ambos intereses pueden coexistir sin distorsionar el razonamiento; pero es frecuente que los intereses particulares del historiador, ligados a su situación, dirijan intencionalmente la selección de los datos, la argumentación y la interpretación, a modo de demos-

trar la existencia de una situación pasada que satisfaga esos intereses. Esta observación nos conduce a una segunda respuesta.

II

Los requerimientos de la vida presente que nos llevan a investigar los antecedentes históricos no son individuales. Si lo que trato de explicar es una situación conflictiva personal, ello me llevará a indagar en mi biografía; podrá ser un estímulo para hurgar en mi pasado. Ese estímulo estaría en la base de un análisis psicológico, pero no me conduciría a la historia. Las situaciones que nos llevan a hacer historia rebasan al individuo, plantean necesidades sociales, colectivas, en las que participa un grupo, una clase, una nación, una colectividad cualquiera. Las situaciones presentes que tratamos de explicar con la historia nos remiten a un contexto que nos trasciende como individuos. Si escribo estas páginas tengo en mente a las personas que podrían leerlas; detrás de ellas están las ideas de otros muchos hombres; al publicarse, estas líneas formarán parte de un complejo colectivo de relaciones económicas, sociales, culturales. Lo que escribo puede ser objeto de historia en la medida en que se pone en relación con esos contextos sociales que lo abarcan y le prestan sentido. En cualquier situación concreta podemos descubrir conexiones semejantes. Todos nuestros actos están determinados por correlaciones que rebasan nuestra individualidad y que nos conectan con grupos e instituciones sociales. Desde el momento en que vamos a comer a nuestra

casa, estamos ya inmersos en una institución, la familia, la que a su vez no puede explicarse más que en el seno de otras instituciones; nos refiere, por ejemplo, a regulaciones jurídicas y con ellas a un Estado. No hay acción humana que no esté conectada con un todo. Pues bien, los requerimientos de que, según decíamos, partía el historiador, suponen esos lazos comunitarios. Sólo se hacen presentes en la medida en que tenemos cierta conciencia de estar realizando propósitos en común y de estar sujetos a reglas que nos ligan. Propósitos y reglas. No podría estar realizando ahora este acto de escribir si no aceptara implícitamente ciertas reglas de relación. Pueden no ser normas escritas, como las reglas más elementales de comunicación entre los hombres, el respeto a las ideas ajenas, la necesidad de claridad, la consideración del lector posible, etc.; pueden ser más explícitas, como las que regularán todo el proceso de discusión, impresión y distribución de estas páginas. Esas reglas responden a propósitos compartidos, en este caso los del desarrollo y crítica de una disciplina científica. Reglas y propósitos, al ligar a los miembros de una comunidad, permiten su convivencia. No habría ningún comportamiento social si no se diera esa especie de lazo entre los individuos. Una colectividad, un grupo, una nación, mantienen su cohesión mediante las reglas compartidas y los propósitos comunes que ligan entre sí a todos sus miembros. La historia, al explicar su origen, permite al individuo comprender los lazos que lo unen a su comunidad. Esta comprensión puede dar lugar a actitudes diferentes.

Por una parte, al comprenderlas, las reglas

y propósitos comunitarios dejan de ser gratuitos; en la medida en que los insertamos en un proceso colectivo que rebasa a los individuos, cobran significado. Por eso, dar razón de ellos los afianza y justifica ante los individuos. Al hacer comprensibles los lazos que unen a una colectividad, la historia promueve actitudes positivas hacia ella y ayuda a consolidarlas. La historia ha sido, de hecho, después del mito, una de las formas culturales que más se han utilizado para justificar instituciones, creencias y propósitos comunitarios que prestan cohesión a grupos, clases, nacionalidades, imperios. En Israel primero, en Grecia y Roma después, la historia actuó como factor cultural de unidad de un pueblo e instrumento de justificación de sus proyectos frente a otros. Desde entonces, la historia ha sido un elemento indispensable en la consolidación de las nacionalidades; ha estado presente tanto en la formación de los estados nacionales como en la lucha por la sobrevivencia de las nacionalidades oprimidas. En otros casos, la historia que trata de regiones, grupos o instituciones, ha servido para cobrar conciencia de la pertenencia de los individuos a una etnia, a una comunidad cultural, a una comarca; al hacerlo, ha propiciado la integración y perduración del grupo como colectividad. Ninguna actividad intelectual ha logrado mejor que la historia dar conciencia de la propia identidad a una comunidad. La historia nacional, regional o de grupos cumple, aun sin proponérselo, con una doble función social: por un lado favorece la cohesión en el interior del grupo, por el otro, refuerza actitudes de defensa y de lucha frente a los grupos externos. En el primer sentido puede

ser producto de un pensamiento que propicia el dominio de los poderes del grupo sobre los individuos; en el segundo, puede expresar un pensamiento de liberación colectiva frente a otros poderes externos. Las historias nacionales "oficiales" suelen colaborar a mantener el sistema de poder establecido y manejarse como instrumentos ideológicos que justifican la estructura de dominación imperante. Con todo, muchas historias de minorías oprimidas han servido también para alentar su conciencia de identidad frente a los otros y mantener vivos sus anhelos libertarios.

Pero el acto de comprender los orígenes de los vínculos que prestan cohesión a una comunidad puede conducir a un resultado diferente al anterior: en lugar de justificarlos, ponerlos en cuestión. Revelar el origen "humano, demasiado humano" de creencias e instituciones puede ser el primer paso para dejar de acatarlas. Al mostrar que, en último término, todas nuestras reglas de convivencia se basan en la voluntad de hombres concretos, la historia vuelve consciente la posibilidad de que otras voluntades les nieguen obediencia. Las historias de la Iglesia, desde la Reforma hasta el moderno liberalismo, contribuyeron tanto como la crítica filosófica a la desacralización del catolicismo. La "*histoire des mœurs*" del siglo XVIII fue un factor importante en la desmistificación del absolutismo. Desde Herodoto, la historia, al mostrar la relatividad de las costumbres y creencias de los distintos pueblos, ha sido un estímulo constante de crítica a la inmovilidad de las convenciones imperantes.

En otros casos, los estudios "antioficiales", al poner en cuestión las versiones históricas

en uso y develar los hechos e intereses reales que dieron origen a las ideologías vigentes, han servido también para desacreditarlas. Comprender que las reglas y propósitos que el Estado nos inculca fueron producto de intereses particulares puede arrojar sobre ellos el descrédito. La historia obtiene también este segundo resultado cuando se propone mostrar los procesos de cambio de instituciones y normas de convivencia. Entonces revela cómo, detrás de estructuras que se pretenden inmutables, está la voluntad de hombres concretos y cómo otras voluntades pueden cambiarlas. Tal sucede en la historia de los procesos revolucionarios o liberadores. Desde Michelet hasta Trotski, la historia de las revoluciones ha servido de inspiración a muchos movimientos libertarios.

¿Para qué la historia? Intentemos una segunda respuesta: para comprender, por sus orígenes, los vínculos que prestan cohesión a una comunidad humana y permitirle al individuo asumir una actitud consciente ante ellos. Esa actitud puede ser positiva: la historia sirve, entonces, a la cohesión de la comunidad; es un pensamiento integrador; pero puede también ser crítica: la historia se convierte en pensamiento disruptivo. Porque, al igual que la filosofía, la historia puede expresar un pensamiento de reiteración y consolidación de los lazos sociales o, a la inversa, un pensamiento de ruptura y de cambio.

III

¿Se agotarían aquí nuestras respuestas? Quizá no. Tenemos la sensación de que, en las

dos respuestas anteriores, algo hemos dejado de lado. No siempre expresa la historia un interés concreto en nuestro presente y en la comunidad a que pertenecemos. ¿Acaso no nos interesa, apasionadamente a veces, conocer la vida de pueblos desaparecidos, alejados para siempre de nosotros, remotos en el tiempo y en el espacio? ¿No tendríamos un interés especial, incluso, en la historia de los seres racionales más distintos a nosotros, los que pertenecieran a una civilización extraña o incluso a un planeta lejano? Estas preguntas podrían abrirnos a un interés más profundo que los anteriores, quizás el más entrañable de los que mueven a hacer historia. Sería el interés por la condición y el destino de la especie humana, en el pedazo del cosmos que le ha tocado vivir. Este interés se manifiesta en dos preguntas, nunca expresadas, presupuestas siempre en cualquier historia: la pregunta por la condición humana, la pregunta por el sentido.

La historia examina, con curiosidad, cómo se han realizado las distintas sociedades, en las formas más disímiles; la multiplicidad de las culturas, de los quehaceres del hombre, de sus actitudes y pasiones, el abanico entero, en suma, de las posibilidades de vida humana se despliega ante sus ojos. La sucesión de los distintos rostros del hombre es un espejo de las posibilidades de su condición; al través de ellos puede escucharse lo que hay de común, de permanente en ser hombre. *Historia magistra vitae*: no porque dicte normas o consejos edificantes, menos aún porque dé recetas de comportamiento práctico, "maestra de la vida" porque enseña,

al través de ejemplos concretos, lo que puede ser el hombre.

Pero la historia no *dice* todo eso en fórmulas expresas. Su fin no es enunciar principios generales, leyes, regularidades sobre la vida humana, ni acuñar en tesis doctrinarias una "idea del hombre". La historia *muestra* todo eso al tratar de revivir, en su complejidad y riqueza, pedazos de vida humana. En este procedimiento está más cerca de las obras literarias que de las ciencias explicativas. También la literatura intenta revelar la condición humana mostrando posibilidades particulares de hombres concretos. Sin duda, la literatura abre posibilidades verosímiles pero ficticias y la historia, en cambio, sólo revive situaciones reales; sin duda, la literatura se interesa, ante todo, en personajes individuales y la historia, por lo contrario, centra su atención en amplios grupos humanos; sin duda, en fin, la literatura se niega a explicar lo que describe y la historia no quiere sólo mostrar sino también dar razón de lo que muestra. Pero, por amplias que sean sus diferencias, literatura e historia coinciden en un punto: ambas son intentos por comprender la condición del hombre, al través de sus posibilidades concretas de vida.

La pregunta por la condición humana se enlaza con la pregunta por su sentido. Necesitamos encontrar un sentido a la aventura de la especie. Para responder a esa inquietud el pensamiento humano ha intentado varias vías: la religión, la filosofía, el arte; la historia es otra de ellas. La búsqueda del sentido no da lugar a un "para qué" del que hacer histórico diferente a los dos que expusimos antes; está supuesta en ellos. El interés

en explicar nuestro presente expresa justamente una voluntad de encontrar a la vida actual un sentido. Por otra parte, la historia nos lleva a comprender, dijimos, lo que agrupa, lo que relaciona, lo que pone en contacto entre sí a los hombres, haciendo que trasciendan su aislamiento. Con ello, estaría respondiendo a la necesidad que tenemos de prestar significado a nuestra vida personal al ponerla en relación con la comunidad de los otros hombres. El historiador permite que cada uno de nosotros se reconozca en una colectividad que lo abarca; cada quien puede trascender entonces su vida personal hacia la comunidad de otros hombres y, en ese trascender, su vida adquiere un nuevo sentido.

La existencia de un objeto, de un acontecimiento, cobra sentido al comprenderse como un elemento que desempeña una función en un todo que lo abarca. Veo una extraña barra de hierro. ¿Qué hace allí ese objeto? "¡Ah! es la palanca de una máquina", me digo; el objeto ha dejado de ser absurdo. La máquina ha dado un sentido a la existencia de la palanca, el proceso de producción a la máquina, la sociedad de mercado al proceso de producción, y así sucesivamente. La integración en una totalidad conjura el carácter gratuito, en apariencia sin sentido, de la pura existencia. De parecida manera, en los actos humanos. La carrera desbocada de un hombre en los llanos de Marathón cobra sentido como parte de una batalla, pero sería absurda si no hubiera salvado a un pueblo, el cual adquiere significado al revivir dos milenios después en otras culturas, las cuales cobran sentido... hasta llegar a un término: la integración en la totalidad de la especie humana.

La historia ofrece a cada individuo la posibilidad de trascender su vida personal en la vida de un grupo. Al hacerlo, le otorga un sentido y, a la vez, le ofrece una forma de perdurar en la comunidad que lo trasciende: la historia es también una lucha contra el olvido, forma extrema de la muerte. ¿Y cuál sería el grupo más amplio, el último, hacia el cual podría trascender nuestra individualidad? La respuesta ha variado. En las primeras civilizaciones, el mito primero, la historia después, otorgan sentido al individuo al integrarlo en una tribu o en un pueblo, pero ese pueblo sólo cobra sentido ante la mirada del dios. La historia judía no rebasa, en este aspecto particular, la perspectiva reducida de los anales egipcios o asirios. En Grecia el horizonte empieza a ser más amplio: más allá de la integración de los pueblos helénicos se apunta a una colectividad en la que los actos tanto de los griegos como de los bárbaros cobrarían sentido. Herodoto abre su historia con estas palabras: "Herodoto de Halicarnaso expone aquí sus investigaciones ["historia" en griego, puede traducirse por "investigación"] para impedir que lo que han hecho los hombres se desvanezca con el tiempo y que grandes y maravillosas hazañas, recogidas tanto por los griegos como por los bárbaros, dejen de nombrarse." Herodoto quiere impedir que un momento de vida se borre de la mente de otros hombres y, en este punto, no hace diferencia entre griegos y bárbaros; lo que lo mueve es, en último término, permitir que esa vida subsista en la conciencia general de la especie.

Sin embargo, ni griegos ni romanos tuvieron una idea clara del papel que podrían

desempeñar sus pueblos en el seno de una colectividad más amplia. Esto sólo acontece con la historia cristiana. Para ella todos los pueblos cumplen una función en un designio universal que compete a la humanidad entera; con todo, ese designio no es inmanente a la propia humanidad sino producto de la economía divina. Más tarde, a partir de Vico, las leyes que gobiernan a la historia humana se conciben inherentes a ésta. Los grandes ciclos de la vida de la humanidad o bien su progreso hacia una meta final es lo que puede otorgar sentido a cualquier historia particular. Por eso la mayor transcendencia que puede alcanzar la historia está ligada a la historia universal. En la historia universal cada individuo quedaría incorporado a la especie, en una comunidad de entes racionales. En ese empeño llegaría a su final el afán de integrar toda vida individual en un todo que la trascienda. ¿Llegaría a su fin en verdad?

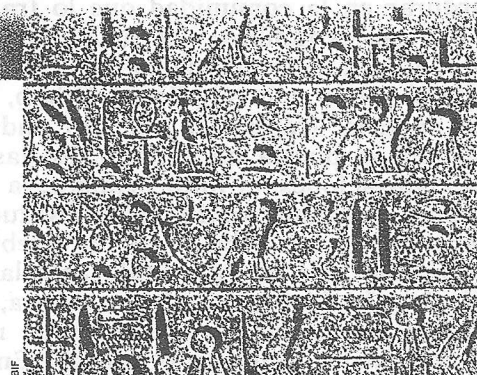
Si los actos humanos cobran un nuevo sentido al integrarse a una comunidad y, al través de ella, a la humanidad, ¿no podríamos preguntar también: y qué sentido tiene la especie humana, en la inmensidad del cosmos? La historia actual no puede dar una respuesta, como no puede darla ninguna ciencia, sólo la religión puede atreverse a balbucir alguna. Pero ¿cuál sería la comunidad última en que pudiera integrarse la historia de la especie? Sólo la comunidad de todo ente racional y libre posible. Tal vez, en un futuro incierto y lejano, en su persecución nunca satisfecha de una transcendencia, el hombre busque el sentido de su especie en el papel que desempeñe en el desarrollo de la razón en el cosmos, tal vez entonces la historia uni-

LUIS VILLORO

versal de la especie se ligue a una historia cósmica.

Bastará una observación para mostrar que ese ideal está ya presente en nosotros. Sin duda se nos ha ocurrido la posibilidad de que, en una catástrofe futura, causada por los mismos hombres o por un acontecimiento cósmico, la humanidad dejara de existir. ¿No sería para nosotros una necesidad dejar un testimonio de lo que fuimos? Ante una amenaza semejante, pensaríamos en dejar alguna señal, lo más completa posible, de lo que fue la especie humana, para que, si en épocas futuras, comunidades racionales de otros planetas vinieran al nuestro, rescataran nuestra humanidad del olvido.

Este sería, en suma, el último móvil de la historia, su "para qué" más profundo: dar un sentido a la vida del hombre al comprenderla en función de una totalidad que la abarca y de la cual forma parte: la comunidad restringida de otros hombres primero, la especie humana después y, tal vez, en su límite, la comunidad posible de los entes racionales y libres del universo.



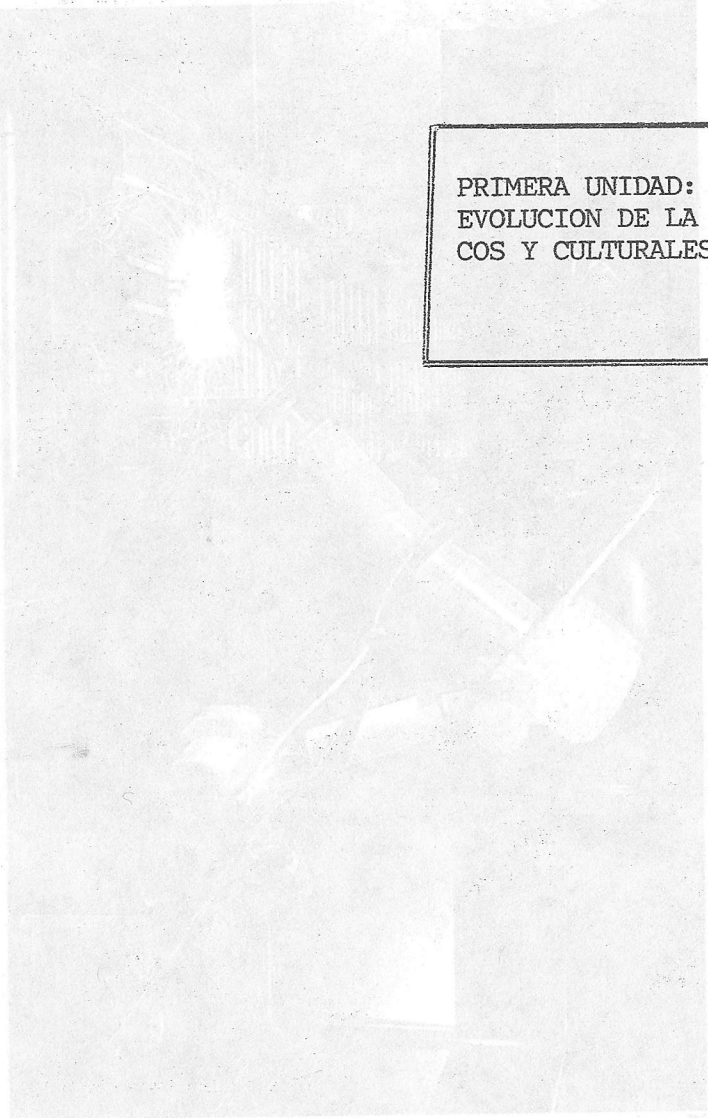
Los jeroglíficos representan el nacimiento de la escritura.

3500 a.C.

ESCRITURA. Un ladrillo sirvió para declarar inaugurada la historia

La escritura, considerada el hito cultural que separa la prehistoria de la historia, apareció en Mesopotamia hacia el año 3500 a.d.e C. La sumeria era la civilización más avanzada y compleja del momento, así que su vida cotidiana requería guardar un registro de las compras, ventas, impuestos... El material sobre el que se hicie-

ron las primeras marcas fue la arcilla. Sobre ella se podía escribir con un palo mientras todavía estaba húmeda y luego dejarla secar para que lo escrito perdurara. En un principio, los signos representaban los objetos y no eran otra cosa que dibujos simplificados de los productos con los que se comerciaba habitualmente.



PRIMERA UNIDAD:
EVOLUCION DE LA TECNICA. ASPECTOS HISTORICOS ,FILOSOFI-
COS Y CULTURALES DE LA MISMA.

Del hacha al robot

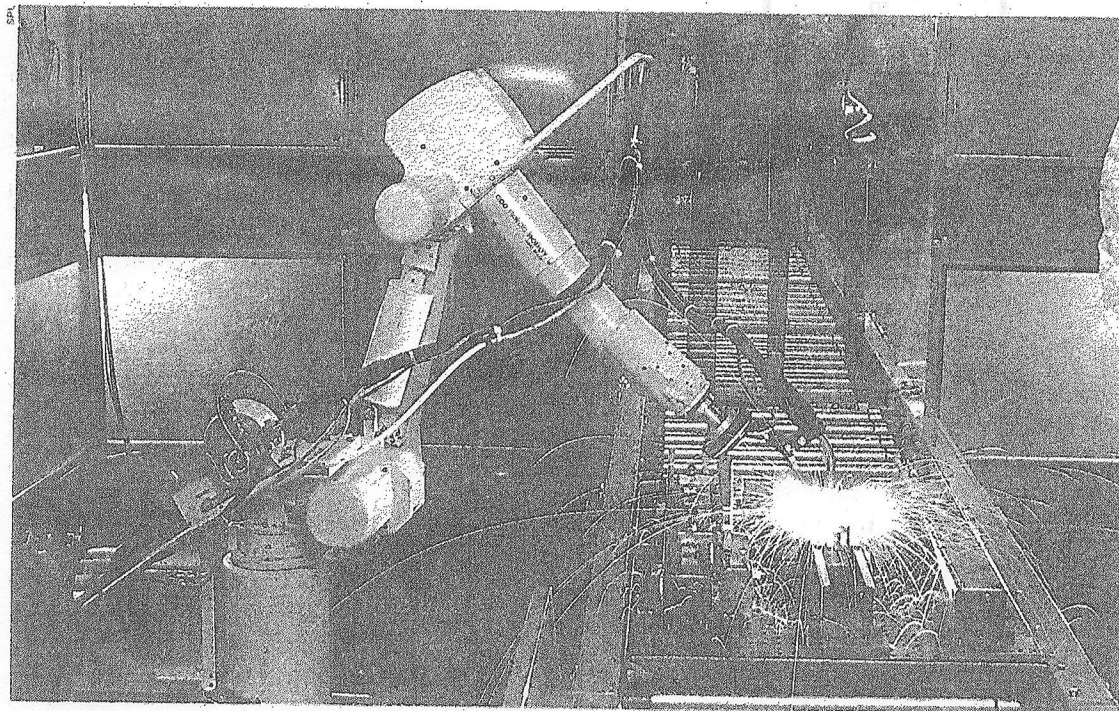
La fértil imaginación humana ha llenado el mundo de artilugios y máquinas más o menos útiles. ¿Por qué existen tantas cosas diferentes?

En hacha prehistórica y el robot que se utiliza en la cadena de montaje de un automóvil no tienen, al menos en apariencia, nada en común. Sin embargo, muchos más lazos de los que podríamos pensar unen a la primera piedra tallada por el ser humano con el robot de última generación. Ambos objetos son herramientas de trabajo y obra humana; para llegar a ellos han sido precisos varios siglos de esfuerzo, muchos más -aunque parezca paradójico- en el caso del hacha prehistórica. Los dos constituyen los extremos inicial y final de una larga cadena evolutiva, compleja y difícil, acompañada a veces de fracasos o de retrocesos y utilizada para aliviar el trabajo del in-

dividuo, aunque también para acabar con su vida. La disciplina que estudia los pasos de tal evolución, sus causas y consecuencias, su influencia sobre el devenir humano y los cambios acaecidos en los artefactos usados por la humanidad es la Historia de la Tecnología.

A pesar del interés y del enorme espacio de tiempo que abarca esta ciencia, no ha tenido un desarrollo académico hasta principios de este siglo, incluso en muchas de nuestras universidades todavía no se la considera digna de integrarse en los planes de estudio. Por ello, no es de extrañar que aún no dispongamos de datos sobre muchas de las etapas que han caracterizado a la tecnología, y continúe aceptándose la conocida frase de Unamuno "¡que inventen ellos!" como algo aplicable a toda nuestra historia.

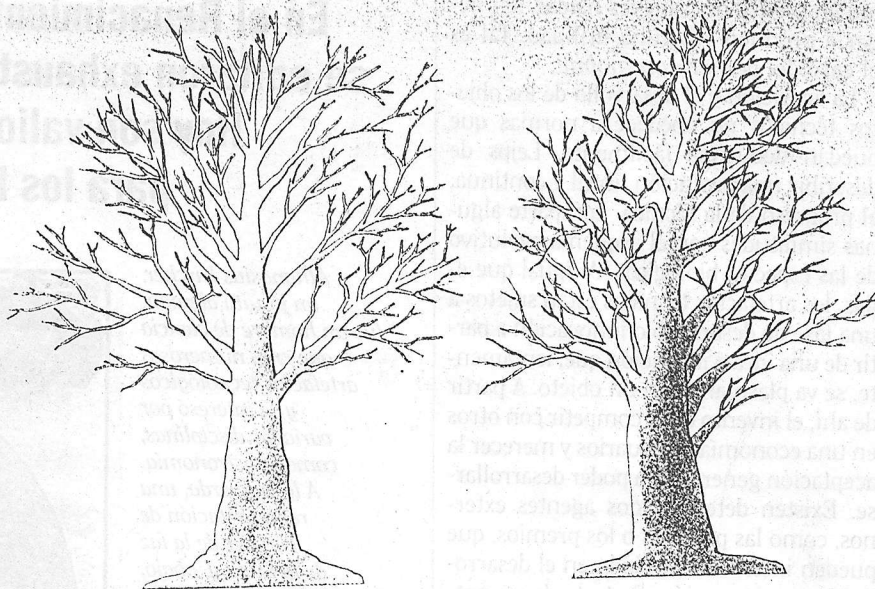
Pero lo que se va descubriendo a medida que profundizamos en los archivos proporciona una idea muy distinta de la que tradicionalmente se ha asignado a la técnica en el mundo hispánico. Por ejemplo, a nadie se le habría ocurrido aventurar que la primera patente conocida de una máquina de vapor fuera presentada en nuestro ámbito por el español Jerónimo de Ayanz; sin embargo, una investigación reciente nos ha revelado que ésta y otras máquinas no menos importantes para la Revolución Industrial habían sido inventadas ya por algunos hispanos un siglo antes que las primeras patentes inglesas. ¿Por qué se olvidaron estos inventos y el desarrollo de la industria se produjo antes en otros países? La respuesta hay que buscarla en los condicionantes de la evolución de la tecnología.



El hacha de piedra y el robot industrial, dos herramientas en el fondo similares, marcan los extremos inicial y final de la historia de la técnica.

LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

El ejemplo de Jerónimo de Ayanz, y el de otros inventores hispánicos de su época, resulta cuando menos curioso: Ayanz era un noble y quiso probar ante la corte de Felipe III, en Valladolid, que sus más de cincuenta invenciones funcionaban. El rey escogió las que le parecieron más interesantes, los equipos de buceo, y dejó para más adelante las máquinas de vapor y los otros inventos de Ayanz. Así, en pleno agosto de 1602, ante el monarca y una multitud expectante, se sumergieron unos buzos en el río Pisuerga. Estuvieron más de una hora bajo el agua, hasta que el propio rey les mandó salir: los submarinistas afirmaron, no obstante, que podían haber permanecido más tiempo bajo el Pisuerga. Era la primera vez en la historia que se producía una experiencia de estas características. Sin embargo, los equipos de buceo fracasaron en la isla Margarita -donde se buscaban las ricas perlas caribeñas-, y no por defectos en su funcionamiento, sino porque resultaba más barato importar negros esclavos para bucear a pulmón, aunque muriesen en el intento. Las máquinas de vapor para las minas de Guadalcanal tampoco tuvieron éxito, porque Ayanz fue estafado por sus socios en el negocio de explotación de la plata. También Francisco Lobato, inventor del siglo XVI, fue engañado por su socio, el famoso médico Gómez Pereira, quien patentó una turbina con sifón para mover los molinos diseñada previamente por Lobato,



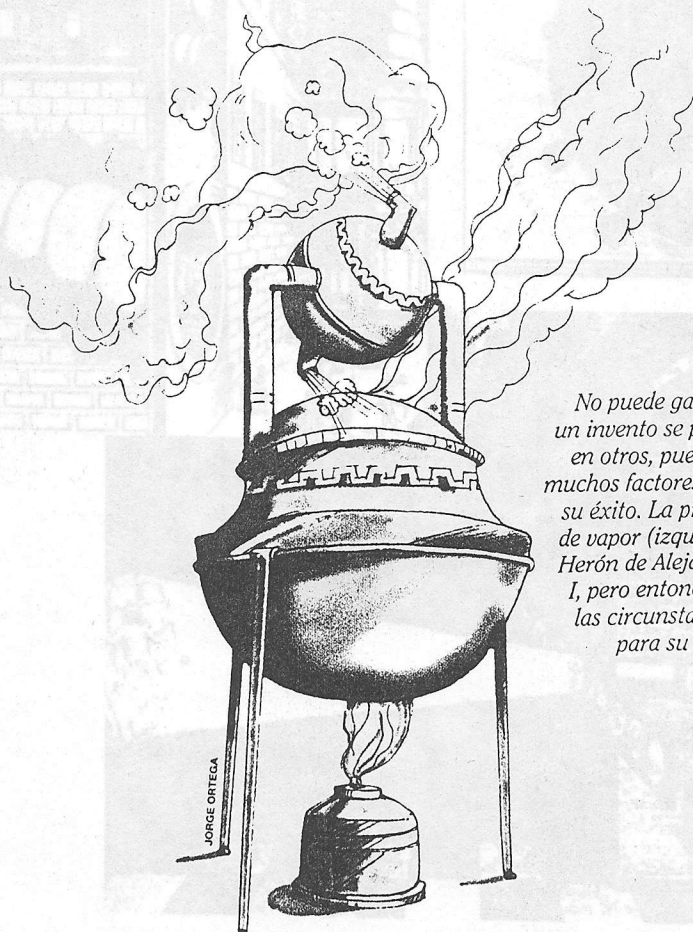
La diferencia entre la evolución de los seres vivos y de la técnica se ilustra en estos árboles: mientras que las diferentes especies biológicas (izquierda) no se cruzan entre ellas, los artefactos sí (derecha), produciéndose así otros nuevos.

aunque el galeno no supo construirla por falta de conocimientos técnicos. Se perdió así la posibilidad de desarrollar las turbinas hidráulicas en el área hispánica.

Por cierto, la evolución de las ruedas de molino hacia las turbinas constituye un ejemplo claro de dispersión y extinción de la tecnología. De todos los tipos de ruedas hidráulicas medievales, las que

mejor se adaptaron a los ríos irregulares de los países del sur europeo fueron las pequeñas y horizontales -con paletas en su periferia-, llamadas de rodezno. Estas dieron lugar a los molinos de regolfo, ruedas de álabes curvados y rodeados de un cilindro para aprovechar la fuerza centrífuga y que deben muchas de sus mejoras a Francisco Lobato. En el siglo XIX, Fourneyron inventó las turbinas basándose en estos molinos de regolfo. Las grandes ruedas verticales, que parecían más potentes, desaparecieron a lo largo de estos dos últimos siglos, vencidas quizá por su excesivo tamaño.

Para establecer las pautas evolutivas de los artefactos ideados por el ser humano conviene marcar la diferencia entre *técnica*, *tecnología* y *ciencia*. Esta última es el conjunto de conocimientos que ayudan a comprender las leyes de la naturaleza, sus principios y sus causas, mientras que la técnica es el arte de hacer o idear cosas no existentes en la naturaleza y la tecnología se refiere al conocimiento de las técnicas usadas para producir máquinas. Como podrá observarse, no resulta necesaria la condición de que el artefacto sea útil, ni siquiera que llegue a materializarse, para que pueda calificarse de objeto tecnológico. La tendencia normal del inventor es que su creación sirva para algo, pero existen máquinas que sólo se han ideado para satisfacer la curiosidad o la fantasía de su creador, o que incluso han



No puede garantizarse que un invento se perpetúe o derive en otros, puesto que existen muchos factores que condicionan su éxito. La primera máquina de vapor (izquierda) la inventó Herón de Alejandría en el siglo I, pero entonces no se dieron las circunstancias propicias para su expansión.

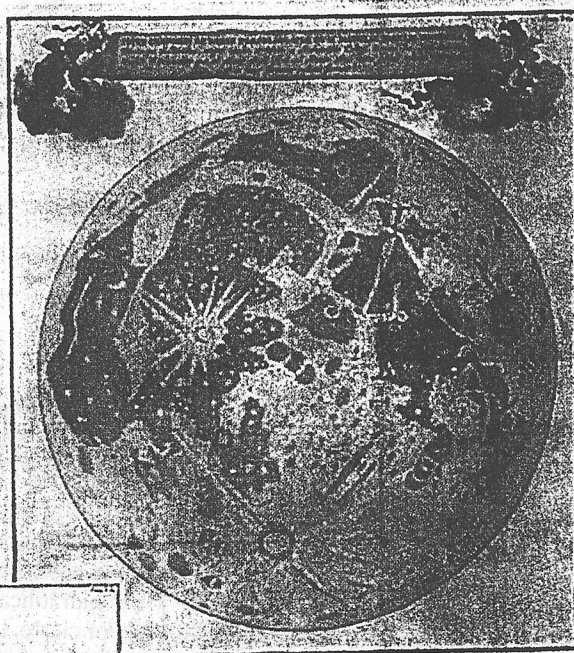
ido en contra de las leyes físicas, sin llegar a producir ninguna utilidad. Tal es el caso del *perpetuum mobile*.

La aparición y el desarrollo de los objetos técnicos no obedece a normas que puedan deducirse fácilmente. Lejos de describir una evolución lineal y continua, el progreso de la técnica comparte algunas similitudes con el esquema evolutivo de las especies biológicas. Al igual que ellas, los artefactos técnicos están sujetos a una fase de desarrollo o innovación a partir de una idea o invención que, lentamente, se va plasmando en un objeto. A partir de ahí, el invento debe competir con otros en una economía de usuarios y merecer la aceptación general para poder desarrollarse. Existen determinados agentes externos, como las patentes o los premios, que pueden intervenir también en el desarrollo de una invención. Se trata de un proceso parecido a la selección darwiniana de las especies: si el medio resulta favorable, el invento se reproduce y da lugar a otros derivados que alargan la vida del original. En cambio, cuando el ambiente no es propicio, el objeto inventado se extingue en un periodo más o menos corto.

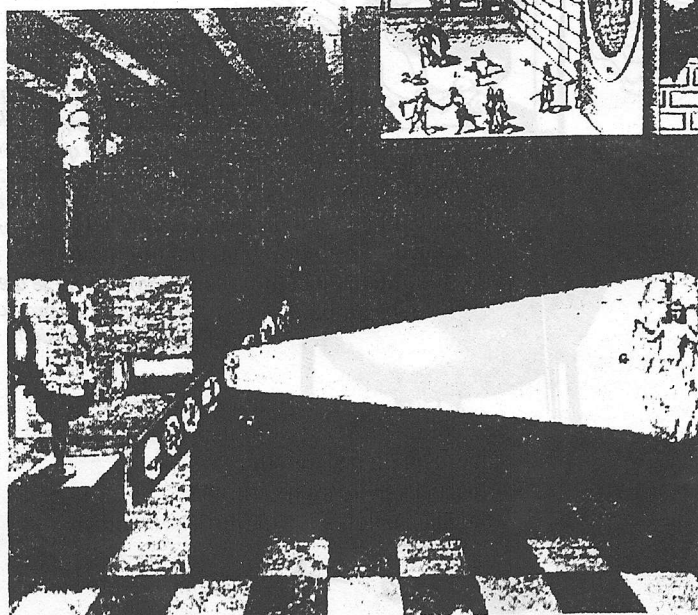
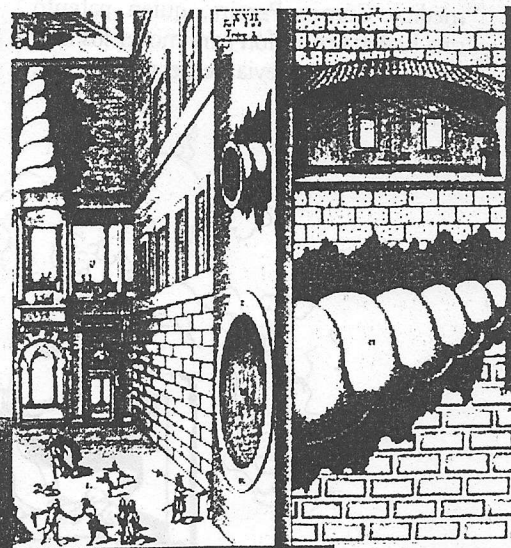
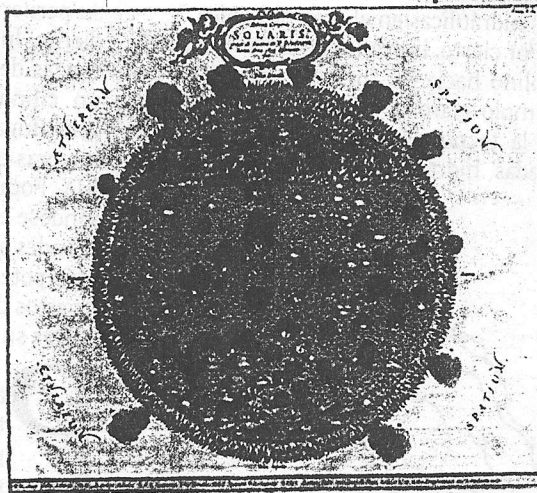
Todo ello obedece, con mayor o menor complejidad, a un proceso que se ha podido observar multitud de veces en la historia de la tecnología. Bien conocido es el caso de la extraordinaria fecundidad del pensamiento griego clásico, del cual nos nutrimos aún en la actualidad. Las ideas de Platón y Aristóteles en el campo de la filosofía resultaban difícilmente aplicables a la mejora de los instrumentos que se empleaban en la producción agrícola o artesanal. En Grecia se produjeron invenciones abundantes sobre todo en el periodo helenístico, con Arquímedes, Herón de Alejandría y Ctesibio, entre otros-, pero el medio en las que se idearon no propició su aplicación práctica. Por ejemplo, Herón de Alejandría había desarrollado una pequeña máquina de vapor a reacción, pero no la concibió más que como un entretenimiento o, a lo sumo, para hacer girar los asados. La propia estructura de la Grecia clásica, formada por ciudades-estado independientes y con una división del trabajo que reservaba a los esclavos las tareas manuales, no favoreció el uso de máquinas para aliviar la mano de obra. Distinto fue el empleo de la tec-

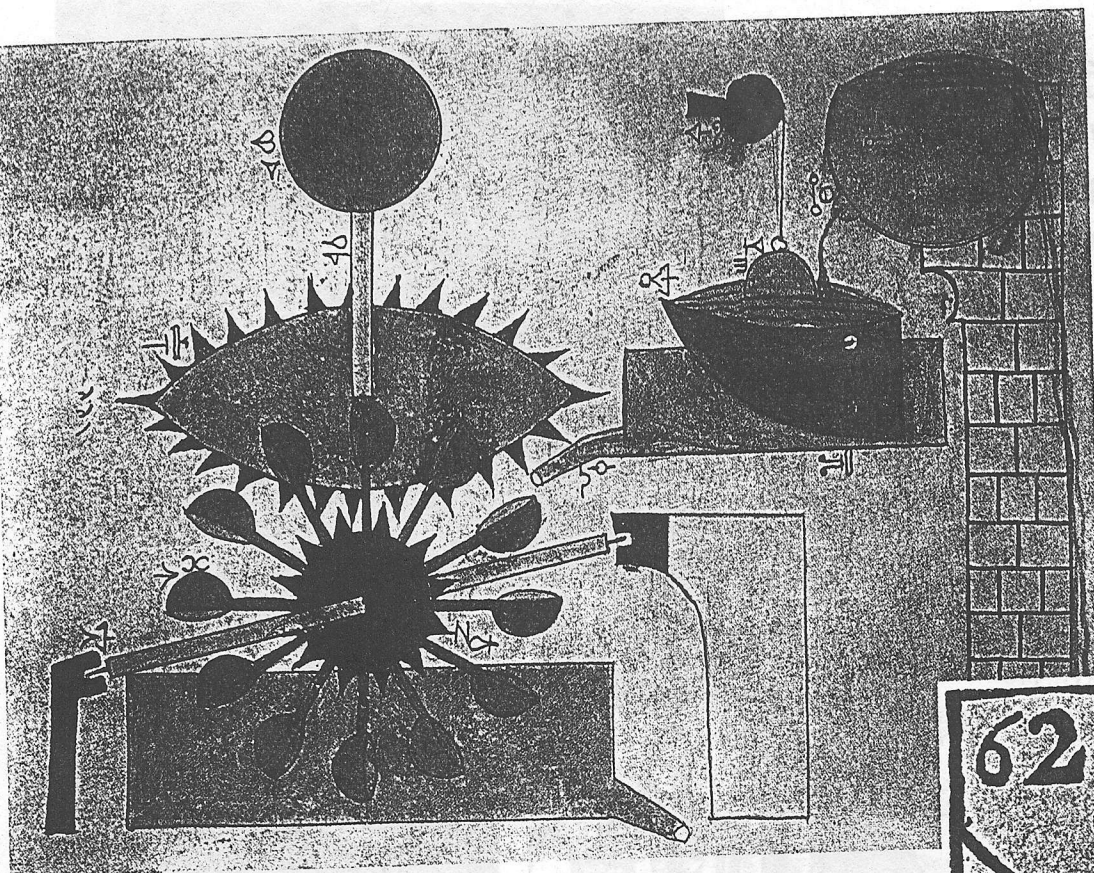
En el Renacimiento y la Edad Moderna se editaron exhaustivos tratados técnicos: Hoy son valiosos documentos para los historiadores

Athanasius Kircher, un jesuita alemán, fue un hombre de ciencia que creó numerosos artefactos tecnológicos y se interesó por variadas disciplinas, como la astronomía. A la izquierda, una representación de Kircher de la faz de la Luna y, abajo, de la cara del Sol En blanco y negro, un megáfono y un proyector de imágenes diseñados por la prodigiosa mente del religioso europeo.



FOTOS: ARCHIVO MUY





Durante la Edad Media se dio una revolución energética, que se convirtió en preludio de la Industrial: Miles de molinos hidráulicos se instalaron en Occidente durante el siglo X (izquierda). La imprenta (abajo) permitió que el conocimiento, incluido el tecnológico, saliera de los monasterios y se difundiera a toda la población.

Un objeto tecnológico es un instrumento que no existe en la naturaleza y que ha sido ideado para satisfacer una necesidad artificial

nología por parte de los romanos. Embarcados en una empresa de conquista de amplios territorios, la técnica debía ponerse al servicio de la milicia y de la consolidación de las tierras conquistadas. En Roma, las ideas de los griegos se convirtieron en hechos: la bomba de Ctesibio sirvió para el desagüe de las minas, con una perfección que aún puede apreciarse en la que se conserva en el Museo Arqueológico de Madrid y que se utilizó en las minas hispánicas.

Largas calzadas y puentes servían de comunicación al imperio. Presas y acueductos, que aún nos causan admiración, abastecían de agua a las ciudades, dotadas con termas en las que confluían la técnica del agua con la del calor. Pero el uso generalizado de esclavos todavía no hacía del todo preciso el recurso masivo a las energías naturales que, sin embargo, se utilizaban desde época griega. Por ejemplo, ya se conocían las ruedas hidráulicas para mover molinos, pero éstas se emplearon muy poco. Técnicas que ahora nos parecen elementales, como el herrado de los caballos y el estribo, eran desconocidas en el mundo romano.

La *revolución energética*, preludio de la futura Revolución Industrial, llegaría en la Edad Media. Miles de molinos hidráulicos se instalarían a partir del siglo X en el Occidente europeo. A éstos se añadirían, desde el siglo XII, los molinos de viento. Su técnica era conocida, pero su desarrollo se debe al impulso comercial de las ciudades medievales y al interés de los monasterios y de los señores feudales por disponer de una energía barata, ya que había disminuido considerablemente el número de esclavos. La idea cristiana de que la naturaleza está al servicio del individuo permitió, además, recurrir a ríos y bosques para la producción industrial. Las nuevas técnicas agrícolas, como el arado de vertedera, un sistema de atalaje más eficaz de los animales de tiro y el uso del estribo y de la herradura, permitieron una mejor explotación del campo.

Muchas de estas técnicas procedían del Oriente Medio, cuya difusión se produjo a través de la invasión islámica. Más lejanas estaban las civilizaciones de la India y de la China, con las que el Occidente europeo mantenía un tráfico comercial a través de la famosa Ruta de la Seda. China había experimentado un



considerable avance tecnológico, en muchos campos superior al de Occidente. Fueron chinos los inventos de la brújula, la imprenta y la pólvora, considerados por el filósofo Francis Bacon como los tres más importantes para el progreso de la humanidad en el Renacimiento.

En efecto, fue el mundo renacentista europeo el que utilizó, perfeccionó y se benefició de muchas de las invenciones conocidas antes en China. Mientras la civilización técnica del Extremo Oriente quedaba estancada en este periodo, el Occidente europeo emprendería una carrera que le llevaría a la Revolución Industrial.

Las causas de este fenómeno son complejas, y sin duda tienen que ver con el sistema evolutivo de la tecnología: mientras que en Europa se daban las condiciones idóneas para la innovación y la reproducción de los inventos, en China, con una sociedad estratificada y estática, dominada por un funcionariado arraigado en ideas ances-

Bacon consideró la imprenta, la pólvora y la brújula como inventos definitivos

trales, se impedía el avance técnico con objeto de preservar una civilización que se consideraba superior a la occidental. Esto explica el aislamiento del Asia Oriental hasta fechas recientes.

En cambio, el dinamismo comercial de las ciudades occidentales, el descubrimiento del Nuevo Mundo, el estímulo a la invención a través del sistema de patentes -desconocido en Oriente-, la idea renacentista del ser humano como centro y señor del universo, así como la revolución científica del siglo XVII, propiciaron un desarrollo técnico acelerado, al existir los medios favorables para la evolución tecnológica.

Las condiciones económicas y sociales se dieron de forma idónea en la Inglaterra del siglo XVIII, donde se inició la llamada Revolución Industrial, con el dominio de la tecnología y el maquinismo en la forma que todavía conocemos. Resulta interesante observar que esta revolución pudo iniciarse antes en otros lugares del Occidente europeo más avanzados que Inglaterra: en los estados italianos del siglo XV, donde el auge comercial permitió la aparición de inventores de la talla de Leonardo Da Vinci, o en la España del siglo XVI, potencia económica y política mundial gracias a la explotación del oro y la plata de América. De hecho, los reinos hispánicos se convirtieron en foco de invención, con la importación de ingenieros y técnicos procedentes de los Países Bajos y, sobre todo, de Italia.

Asimismo, fue la formación en la corte de Felipe II de un amplio plantel de técnicos españoles lo que permitió invenciones tan novedosas como la amalgamación de la plata, los molinos tipo turbina, los buzos autónomos, los submarinos y la máquina de vapor. Sin embargo, los factores políticos y la decadencia de la España del siglo XVII, alejada ya de la revolución científica, impidieron la evolución de la tecnología en su sentido pleno.

Tampoco en la comercial Holanda del siglo XVII, ni en la poderosa Francia de Luis XIV, se dieron las condiciones para una revolución industrial, como sucedió después en Inglaterra.

Esto nos conduce a una interesante cuestión: Holanda, asentada sobre terre-

La pólvora (a la derecha, dinamita), invento chino del siglo II, llegó a Europa en el XII. Sin embargo, mientras en Oriente apenas encontró aplicaciones bélicas, para Occidente significó la clave de su expansión por todo el orbe. La brújula amplió los horizontes de la navegación y permitió a los navíos alejarse de las costas en busca de nuevos mundos (abajo, derecha). Los descubrimientos en la Revolución Industrial, cambiaron completamente la faz socioeconómica del planeta.

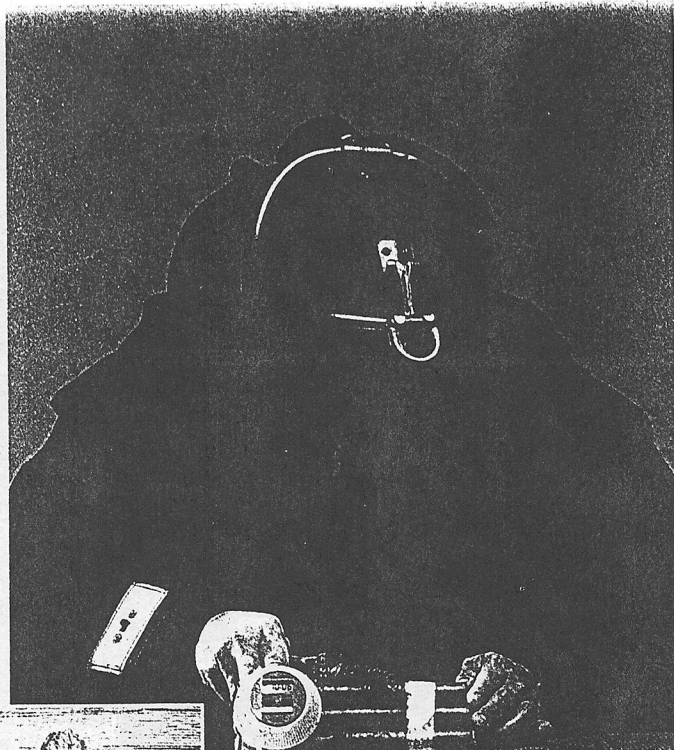


PHOTO STOCK



nos ganados al mar, o Francia, con un impresionante sistema de canales realizados para facilitar el transporte, eran civilizaciones hidráulicas. Particularmente, el país galo apostó por la energía del agua frente a la del vapor, apoyando científicamente el perfeccionamiento de las ruedas hidráulicas de los molinos medievales para llegar a la turbina. Sin embargo, el vapor y los transportes por ferrocarril se impusieron finalmente también allí y relegaron a las barcas de los canales.

Para comprender esta cuestión hay que remitirse a las siempre complejas circunstancias de la evolución tecnológica, porque otras condiciones distintas a las puramente técnicas pueden orientar un desarrollo industrial hacia una vía distinta a la que parecía más lógica.

Podemos así imaginar mundos alternativos dominados por la técnica del vapor en lugar de la del petróleo, o en los que

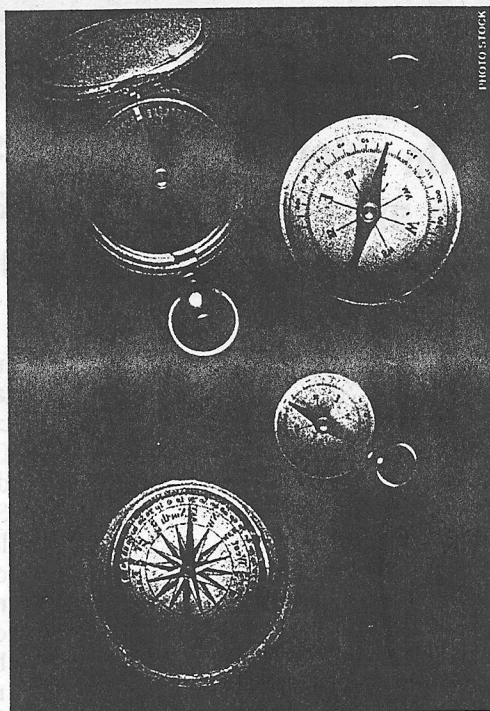


PHOTO STOCK

existieran transportes por canales en vez de ferrocarriles. Todos ellos habrían sido posibles, y en algunos casos hasta incluso mucho más cómodos, pero en la evolución de la tecnología no sólo influye la idea del inventor, sino que éste se halla también condicionado por el medio social.

Esta interacción es lo que, precisamente, hace tan difícil y apasionante la historia de la tecnología, que es mucho más que la simple historia de las invenciones, puesto que su desarrollo ha discurrido paralelo a la evolución de la humanidad.

JOSE ORTEGA Y GASSET,

"Meditación de la Técnica",

Caps. VIII, IX, X, XI

VIII

LAS COSAS Y SU «SER».—LA PRE-COSA.—EL HOMBRE,
EL ANIMAL Y LOS INSTRUMENTOS.—LA EVOLUCIÓN DE
LA TÉCNICA

He gastado este poco de tiempo en desarrollar, aunque brevísimamente, los anteriores ejemplos, movido por el afán de que no quedase abstracto y confuso en la mente de ustedes qué sea ese programa, ese ser extranatural del hombre, en realizar el cual consiste nuestra vida, y, por otra parte, mostrar, aunque sea muy vagamente, cierta funcionalidad entre la cuantía o dirección de la técnica y el modo de ser hombre que se ha escogido. Por supuesto que todo este problema de la vida, del ser del hombre, tiene una última dimensión estrictamente filosófica, que yo he procurado eludir en este ensayo. Me urgía en él subrayar aquellos supuestos o implicaciones que el hecho de la técnica contiene y que suelen pasar desapercibidos, no obstante constituir lo más esencial en la esencia de la técnica. Porque una cosa es, ante todo, la serie de condiciones que la hacen posible

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

—Kant decía «condiciones de su posibilidad», y, más sobria y claramente, Leibniz sus «ingredientes», sus «requisitos». Y es curioso observar que de ordinario esos más auténticos ingredientes o requisitos de una cosa son los que nos pasan inadvertidos, los que dejamos a nuestra espalda, como si no fueran lo que son: el ser más profundo de la cosa. Con casi toda seguridad algunos de ustedes, que pertenezcan a un tipo de oyentes cuya psicología no quiero hacer ahora, para quienes oír es ir a buscar lo que ellos ya saben, sea en detalles, sea en vaga aproximación, en vez de, por lo pronto, ya que han decidido escuchar, abrirse sin más a lo que venga, cuanto más imprevisto, mejor; esos, digo, habrán pensado: «Bueno, pero eso no es la técnica, yo no veo ahí la técnica en su realidad, que es funcionando.» No advierten que, en efecto, para responder a la pregunta: ¿Qué es tal cosa?, lo que hacemos es deshacerla, precisamente recurrir de su forma, tal y como está ahí funcionando, a sus ingredientes, que procuramos aislar y definir. Y claro está que, suelto, cada uno de los ingredientes no es la cosa: esta es el resultado de sus ingredientes, y para que esté ahí funcionando es preciso que los ingredientes desaparezcan de nuestra vista como tales y sueltos. Para que veamos agua es preciso que desaparezcan ante nosotros el hidrógeno y el oxígeno. La definición de una cosa, al enumerar sus ingredientes, sus supuestos, lo que ella implica si ha de ser, se convierte, por tanto, en algo así como la pre-cosa. Pues esa pre-cosa es el ser de la cosa, y es lo que hay que buscar, porque esta ya está ahí: no hay que buscarla. En cambio, el ser y la definición, la pre-cosa, nos muestra la cosa en *statu*

LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

nascendi, y solo se conoce bien lo que, en uno u otro sentido, se ve nacer.

Los supuestos por mí subrayados hasta aquí no son, ciertamente, los únicos, pero son los más radicales; por lo mismo, los más ocultos y, en consecuencia, los que suelen pasar más desapercibidos.

En cambio, a todo el mundo se le ocurre advertir que si el hombre no tuviese inteligencia capaz de descubrir nuevas relaciones entre las cosas que le rodean, no inventaría instrumentos ni métodos ventajosos para satisfacer sus necesidades. Por lo mismo que esto es obvio, no urgía decirlo. Es tan obvio que se pasa y lleva a un error: a creer que cuando un ente posee una cierta clase de actividad basta el hecho de que la posee para explicar que la ejercite. A pesar de que con harta frecuencia observamos hombres que tienen ojos para ver y que, no obstante, no ven lo que les pasa por delante, merced, sencillamente, a que están absortos meditando algo. Aunque pueden ver, no ven; no ejercitan esta actividad, porque no les interesa lo que pase por delante de ellos y, en cambio, les interesa lo que pasa en su interior. Hay quien tiene talento para las matemáticas, pero no lo ejercita porque no le interesa.

No basta, pues, poder hacer algo para que lo hagamos, ni basta que el hombre posea inteligencia técnica para que la técnica exista. La inteligencia técnica es una capacidad, pero la técnica es el ejercicio efectivo de esa capacidad, que muy bien podía quedar en vacación. Y la cuestión importante no es apuntar si el hombre tiene tal o cual aptitud para la técnica, sino por qué se da el hecho de esta, y ello solo se hace

inteligible cuando se descubre que el hombre, quiera o no, tiene que ser técnico, sean mejores o peores sus dotes para ello. Y eso es lo que he intentado hacer en las lecciones anteriores.

Es muy obvio, repito, hablar de la inteligencia en cuanto se habla de la técnica, y con excesiva celeridad atribuir a aquella la distancia entre el hombre y el animal. No se puede hoy con la misma tranquila convicción que hace un siglo definir al hombre como hace Franklin, llamándole *animal instrumentificum*, *animal tools making*. No solo en los famosos estudios de Köhler sobre los chimpancés, sino en otras muchas provincias de la psicología animal aparece más o menos problemáticamente, la capacidad del animal para producir instrumentos elementales. Lo importante en todas estas observaciones es advertir que la inteligencia estrictamente requerida para la invención del instrumento parece existir en él. La insuficiencia, lo que en efecto hace imposible al animal llegar con eficaz plenitud a la posesión del instrumento no está, pues, en la inteligencia *sensu stricto*, sino en otro lado de su condición. Así Köhler muestra que lo esencialmente defectuoso del chimpancé es la memoria, su incapacidad de conservar lo que poco antes le ha pasado y, consecuentemente, la escasísima materia que ofrece a su inteligencia para la combinación creadora.

Sin embargo, la diferencia decisiva entre el animal y el hombre no está tanto en la primaria que se encuentra comparando sus mecanismos psíquicos, sino en los resultados que esta diferencia primaria trae consigo y que dan a la existencia animal una estructura completamente distinta de la humana. Si

el animal tiene poca imaginación será incapaz de formarse un proyecto de vida distinto de la mera reiteración de lo que ha hecho hasta el momento. Basta esto para diferenciar radicalmente la realidad vital de uno y otro ente. Pero si la vida no es realización de un proyecto, la inteligencia se convierte en una función puramente mecánica, sin disciplina ni orientación. Se olvida demasiado que la inteligencia, por muy vigorosa que sea, no puede sacar de sí su propia dirección; no puede, por tanto, llegar a verdaderos descubrimientos técnicos. Ella, por sí, no sabe cuáles, entre las infinitas cosas que se pueden «inventar», conviene preferir, y se pierde en sus infinitas posibilidades. Solo en una entidad donde la inteligencia funciona al servicio de una imaginación, no técnica, sino creadora de proyectos vitales, puede constituirse la capacidad técnica.

Lo dicho hasta aquí, entre sus múltiples intenciones, llevaba una: la de reobrar contra una tendencia, tan espontánea como excesiva, reinante en nuestro tiempo, a creer que, en fin de cuentas, no hay verdaderamente más que una técnica, la actual europeamericana, y que todo lo demás fue solo torpe rudimento y balbuceo hacia ella. Yo necesitaba contrarrestar esta tendencia y sumergir la técnica actual como una de tantas en el panorama vastísimo y multiforme de las humanas técnicas, relativizando así su sentido y mostrando cómo a cada proyecto y módulo de humanidad corresponde la suya.

Pero una vez hecho eso, claro está que necesito destacar lo que la técnica actual tiene de peculiar, lo que en ella da lugar precisamente a ese espejismo que, con

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

algún viso de verdad, nos la presenta como la técnica por antonomasia. Por muchas razones, en efecto, la técnica ha llegado hoy a una colocación en el sistema de los factores integrantes de la vida humana que no había tenido nunca. La importancia que siempre le ha correspondido, aun aparte de los razonamientos en que he procurado demostrarlo, traspasaría sin más en el simple hecho de que, cuando el historiador toma ante sus ojos vastos ámbitos de tiempo, se encuentra con que no puede denominarlos si no es aludiendo a la peculiaridad de su técnica. La edad más primitiva de la humanidad, que inciertamente, como entre dos luces, logra entreverse, se llama la edad auroral de la piedra o colítica; luego es la edad de la piedra vieja e impoluta, paleolítica, la edad del bronce, etc. Pues bien, no sería descaminado situar en esa lista nuestro tiempo, calificándolo como la edad, no de esta o la otra técnica, sino simplemente de la «técnica» como tal. ¿Qué ha pasado en la evolución de la capacidad técnica del hombre para que llegue una época en que, a pesar de haber sido él siempre técnico, merezca con alguna congruencia ser fichada formalmente por la técnica? Evidentemente, esto no ha podido acontecer sino porque la relación entre el hombre y la técnica se ha elevado a una potencia peculiarísima que conviene precisar, y esa elevación, a su vez, solo ha podido producirse porque la función técnica misma se haya modificado en algún sentido muy substancial.

Para hacernos cargo, pues, de lo que es nuestra técnica, conviene de intento destacar su peculiar si-
lucta sobre el fondo de todo el pasado técnico del

LA EVOLUCIÓN DE LA TÉCNICA

hombre; en suma, conviene dibujar, aunque sea somerísimamente, los grandes cambios que la función técnica misma ha sufrido o, dicho todavía con otras palabras, sería oportuno definir los grandes estadios en la evolución de la técnica. De este modo, haciendo algunos cortes en el pasado o peraltando algunos jalones, ese pretérito confuso adquirirá perspectiva y movimiento; nos dejará ver de dónde, de qué formas ha ido viniendo y hacia dónde, a qué forma ha ido llegando la técnica.

Ortega J. Gasset

IX

LOS ESTADIOS DE LA TÉCNICA

El asunto es difícil y yo he vacilado no poco antes de decidirme por uno u otro principio siguiendo al cual pudiésemos distinguir esos estadios. Desde luego, hay que rechazar el que fuera más obvio: segmentar la evolución fundándose en la aparición de tal o cual invento que se considera muy importante y característico. Todo lo que vengo diciendo en este curso conspira a la corrección del error tópico que cree que lo importante en la técnica es este o el otro invento. ¿Qué es el de mayor calibre que se pueda citar, en comparación con la mole enorme de la técnica toda en una época? Lo que esta sea en su modo general es lo verdaderamente importante, lo que puede significar un cambio o avance substantivos. No hay ningún invento que sea, en última instancia, importante, medido con las dimensiones gigantes de la evolución integral. Además, ya hemos visto cómo técnicas magníficas se pierden después de logradas o desaparecen definitivamente —se entiende hasta la

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

fecha— o hubo que redescubrirlas. Además, no basta que se invente algo en cierta fecha y lugar para que el invento represente su verdadero significado técnico. La pólvora y la imprenta, dos de los descubrimientos que parecen más importantes, existían en China siglos antes de que sirviesen para nada apreciable. Solo en el siglo xv y en Europa, probablemente en Lombardía, se hace la pólvora una potencia histórica, y en Alemania, por el mismo tiempo, la imprenta. En vista de ello, ¿cuándo diremos que se han inventado ambas técnicas? Evidentemente, solo integradas en el cuerpo general de la técnica fin-medieval e inspiradas por el programa vital del tiempo traspasan el umbral de la eficiencia histórica. La pólvora como arma de fuego y la imprenta, son auténticamente contemporáneas de la brújula y el compás: los cuatro, como pronto se advierte, de un mismo estilo, muy característico de esta hora entre gótica y renacentista que va a culminar en Copérnico. Noten ustedes que esos cuatro inventos obtienen la unión del hombre con lo distante —son la técnica de la *actio in distans*, que es el subsuelo de la técnica actual. El cañón pone en contacto inmediato a los enemigos lejanos; la brújula y el compás, al hombre con el astro y los puntos cardinales; la imprenta al individuo solitario, ensimismado, con esa periferia infinita —en espacio y tiempo, infinita en el sentido de no finitos— que es la humanidad de posibles lectores.

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,

LOS ESTADIOS DE LA TÉCNICA

no de esta o la otra determinadas, sino de la función técnica en general. Veremos cómo este principio no solo aclara el pasado, sino que de un golpe ilumina las dos cuestiones enunciadas por mí: el cambio sustantivo que engendró nuestra técnica actual y por qué ocupa esta en la vida humana un papel sin par al representado en ningún otro tiempo.

Partiendo de este principio podemos distinguir tres enormes estadios en la evolución de la técnica:

- A) La técnica del azar.
- B) La técnica del artesano.
- C) La técnica del técnico.

La técnica que llamo del azar, porque el azar es en ella el técnico, el que proporciona el invento, es la técnica primitiva del hombre pre y proto-histórico y del actual salvaje —se entiende, de los grupos menos avanzados—, como los Vedas de Ceylán, los Semang de Borneo, los pigmeos de Nueva Guinea y Centro Africa, los australianos, etc.

¿Cómo se presenta la técnica a la mente de este hombre primitivo? La respuesta puede ser aquí sobremanera taxativa: el hombre primitivo ignora su propia técnica como tal técnica; no se da cuenta de que entre sus capacidades hay una especialísima que le permite reformar la naturaleza en el sentido de sus deseos.

En efecto:

1.º El repertorio de actos técnicos que usufructúa el primitivo es sumamente escaso y no llega a formar un cuerpo suficientemente voluminoso para que pueda destacar y diferenciarse del repertorio de actos naturales que es en su vida incomparablemente mayor que aquel. Esto equivale a decir que el primi-

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

tivo es mínimamente hombre y casi todo él puro animal. Los actos técnicos, pues, se desperdigan y sumergen en el conjunto de sus actos naturales y se presentan a su mente como perteneciendo a su vida no técnica. 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. Desconoce por completo el carácter esencial de la técnica, que consiste en ser ella una capacidad de cambio y progreso, en principio, ilimitados.

2.º La sencillez y escasez de esa técnica primigenia traen consigo que sean ejercitados sus actos por todos los miembros de la colectividad. Todos hacen fuego, elaboran arcos y flechas, etc. Es decir, que la técnica no parece destacada ni siquiera por el hecho que va a constituir la segunda etapa en la evolución, a saber, que solo ciertos hombres —los artesanos— saben hacer determinadas cosas. La única diferenciación que se produce muy pronto estriba en que las mujeres se ocupan en ciertas faenas técnicas y los varones en otras. Pero esto no basta para aislar el hecho técnico como algo peculiar a los ojos del primitivo, porque también el repertorio de actos naturales es un poco diferente en la mujer y en el varón. Que la mujer cultive campos —fue la mujer la inventora de la técnica agrícola— le parece tan natural como que de cuando en cuando se ocupe en parir.

3.º Pero tampoco cobra conciencia de la técnica en su momento más característico y delator —en la invención. El primitivo no sabe que puede inventar,

LOS ESTADIOS DE LA TÉCNICA

y porque no lo sabe, su inventar no es un previo y deliberado buscar soluciones. Como antes sugerí, es más bien la solución quien le busca a él. En el manejo constante e indeliberado de las cosas circundantes se produce de pronto, por puro azar, una 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 primitivo, así tenemos que imaginarlo, queda anonadado, porque siente como si la naturaleza de improviso hubiera hecho penetrar en él uno de sus misterios. Ya el fuego era para él un poder divinoide del mundo y le suscitaba emociones religiosas. El nuevo hecho, el palo que hace fuego, se carga por una y otra razón de sentido mágico. Todas las técnicas primitivas tienen originariamente un halo mágico y solo son técnicas para aquel hombre por lo que tienen de magia. Ya veremos luego cómo la magia es, en efecto, una técnica, aunque fallida e ilusoria.

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 —el poder que esta tiene de proporcionarle, ella a él, y no al revés, ciertos poderes. La producción de utensilios no le parece provenir de él, como no provienen de él sus manos y sus piernas. 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

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

la mano puede servir para un cierto fin antes insospechado. Köhler la llama «impresión del jaja!», ya que esta es la expresión del hombre cuando de pronto se le hace patente una nueva relación posible entre las cosas. Se trataría, pues, de la ley biológica llamada *trial and error*, ensayo y error, aplicada al orden consciente. El infusorio «ensaya» innumerables posturas y encuentra que una de ellas le produce efectos favorables. Entonces la fija como hábito.

Pero volvamos a la técnica primitiva. Se da, pues, en el hombre todavía como naturaleza. La expresión más propia de ella sería decir que verosíblemente las invenciones del hombre auroral, producto del puro azar, obedecen al cálculo de probabilidades; es decir, que dado el número de combinaciones espontáneas que son posibles entre las cosas corresponde a ellas una cifra de probabilidad para que se le presente un día en forma tal que él vea en ellas preformado un instrumento.

Ortega J. Gasset

X

LA TÉCNICA COMO ARTESANÍA.—LA TÉCNICA DEL TÉCNICO

Pasemos al segundo estadio: la técnica del artesano. Es la técnica de la vieja Grecia, es la técnica de la Roma pre-imperial y de la Edad Media. He aquí, en rapidísima enumeración, algunos de sus caracteres:

1.º El repertorio de actos técnicos ha crecido enormemente. No tanto, sin embargo —es importante advertirlo—, para que la súbita desaparición, crisis o atasco de las técnicas principales hiciera materialmente imposible la vida de las colectividades. Más claro aún: la diferencia entre la vida que lleva el hombre en este estadio con todas sus técnicas y la que llevaría sin ellas, no es tan radical que impidiera, fallidas o suspensas aquellas, retrotraerse a una vida primitiva o cuasi primitiva. Aun la proporción entre lo no técnico y lo técnico no es tal que lo técnico se haya hecho la base absoluta de sustentación. No: aun la base sobre que el hombre se apoya es lo natural —por lo menos, y esto es lo importante, así lo siente él—, y por eso,

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

cuando comienzan las crisis técnicas, no se da cuenta de que estas van a imposibilitar la vida que lleva; por eso no reacciona a tiempo y enérgicamente ante aquellas crisis.

Pero hecha esta salvedad y comparando la nueva situación técnica que este segundo estadio representa con la primitiva, conviene subrayar lo contrario: el enorme crecimiento de los actos técnicos. No pocos de estos se han hecho tan complicados que no puede ejercitarlos todo el mundo y cualquiera. Es preciso que ciertos hombres se encarguen a fondo de ellos, dediquen a ellos su vida: son los artesanos. Pero esto acarrea que el hombre adquiera ya una conciencia de la técnica como algo especial y aparte. Ve la actuación del artesano —zapatero, herrero, albañil, talabartero, etc.—, y entiende la técnica bajo la especie o figura de los técnicos que son los artesanos; quiero decir: aún no sabe que hay técnica, pero ya sabe que hay técnicos-hombres que poseen un repertorio peculiar de actividades que no son, sin más ni más, las generales y naturales en todo hombre. La lucha tan moderna de Sócrates con las gentes de su tiempo empieza por querer convencerles de que la técnica no es el técnico, sino una capacidad *sui generis*, abstracta, peculiarísima, que no se confunde con este hombre determinado o con aquel otro. Para ellos, al contrario, la zapatería no es sino una destreza que poseen ciertos hombres llamados zapateros. Esa 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 cor-

EL ARTESANO Y EL TÉCNICO

near del toro. Bien entendido, ellos saben ya que la zapatería no es natural —quiero decir no es animal—, sino algo exclusivo del hombre pero que lo posee como un dote fijo y dado de una vez para siempre. Lo que tiene de solo humano es lo que tiene de extranatural, pero lo que tiene de fijo y limitado le da un carácter de naturaleza —pertenece, pues, la técnica a la naturaleza del hombre—, es un tesoro definido y sin ampliaciones substantivas posibles. Lo mismo que el hombre se encuentra al vivir instalado en el sistema rígido de los movimientos de su cuerpo, así se encuentra instalado, además, en el sistema fijo de las artes, que es como se llaman en pueblos y épocas de este estadio las técnicas. El sentido propio de *techné*, en griego, es ese.

2.º Tampoco el modo de adquisición de las técnicas favorece la clara conciencia de esta como función genérica e ilimitada. En este estadio se da aún menos que en el primitivo —aunque de pronto pensaría uno lo contrario— ocasión para que el hecho de inventar haga surgir en la memoria la idea clara, aislada, exenta, de lo que la técnica es en verdad. Al fin y al cabo, los pocos inventos primitivos, tan fundamentales, debieron destacarse melodramáticamente sobre la cotidianidad de los hábitos animales. Pero 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: está vuelto al pasado y no abierto a posibles novedades. Sigue el

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

uso constituido. Se producen, sin embargo, modificaciones, mejoras, en virtud de un desplazamiento continuo y por lo mismo imperceptible; modificaciones, mejoras, que se presentan con el carácter no de innovaciones sustantivas, sino, más bien, como variaciones de estilo en las destrezas. Estos estilos de tal o cual maestro se transmiten en forma de escuelas; por tanto, con el carácter formal de tradición.

3.º Otra razón hay, y decisiva, para que la idea de la técnica no se desprenda y aisle de la idea del hombre que la ejerce, y es que todavía el invento solo ha llegado a producir instrumentos y no máquinas. Esta distinción es esencial. La primera máquina propiamente tal, y con ello anticipo el tercer estadio, es el telar de Robert creado en 1825. Es la primera máquina, porque es el primer instrumento que actúa por sí mismo y por sí mismo produce el objeto. Por eso se llamó *self-actor*, y de aquí *selfatinas*. La técnica deja de ser lo que hasta entonces había sido, manipulación, maniobra, y se convierte *sensu stricto* en fabricación. En la artesanía el utensilio o trebejo es solo suplemento del hombre. Este, por tanto, el hombre con sus actos «naturales», sigue siendo el actor principal. En la máquina, en cambio, pasa el instrumento a primer plano y no es él quien ayuda al hombre, sino al revés: el hombre quien simplemente ayuda y suplementa a la máquina. Por eso ella, al trabajar por sí y desprenderse del hombre, ha hecho a este caer intuitivamente en la cuenta de que la técnica es una función aparte del hombre natural, muy independiente de este y *no atendida a los límites de este*. Lo que un hombre con sus actividades fijas de animal

EL ARTESANO Y EL TÉCNICO

puede hacer, lo sabemos de antemano: su horizonte es limitado. Pero lo que pueden hacer las máquinas que el hombre es capaz de inventar es, en principio, ilimitado.

4.º Pero aún queda un rasgo de la artesanía que contribuye profundamente a impedir la conciencia adecuada de la técnica y, como los rasgos anteriores, tapa el hecho técnico en su pureza. Y es que toda técnica consiste en dos cosas: una, invención de un plan de actividad, de un método, procedimiento —*mechané*, decían los griegos—, y otra, ejecución de ese plan. Aquella es en estricto sentido la técnica; esta es solo la operación y el obrar. En suma: hay el técnico y hay el obrero que ejercen en la unidad de la faena técnica dos funciones muy distintas. Pues bien: el artesano es, a la par 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, es uno de los síntomas principales del tercer estadio.

Hemos anticipado algunos de sus caracteres. Le hemos denominado «la 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. Esta nueva con-

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

ciencia de la técnica como tal coloca al hombre, por vez primera, en una situación radicalmente distinta de la que nunca experimentó; en cierto modo, antitética. Porque hasta ella había predominado en la idea que el hombre tenía de su vida, la conciencia de todo lo que no podía hacer, de lo que era incapaz de hacer; en suma, de su debilidad y de su limitación. Pero la idea que hoy tenemos de la técnica —reavive ahora cada uno de ustedes esa idea que tiene— nos coloca en la situación tragicómica —es decir, cómica, pero también trágica— de que cuando se nos ocurre la cosa más extravagante nos sorprendemos en azoramiento porque en nuestra última sinceridad no nos atrevemos a asegurar que esa extravagancia —el viaje a los astros, por ejemplo— es imposible de realizar. Tememos que, a lo mejor, en el momento de decir eso llegase un periódico y nos comunicara que, habiéndose logrado proporcionar a un proyectil una velocidad de salida superior a la fuerza de gravedad, se había colocado un objeto terrestre en las inmediaciones de la Luna. Es decir, que 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. Y por si se me olvida o no tengo tiempo de decirlo, aun cuando pertenece a otro capítulo, aprovecho el conexo para hacer observar a ustedes que la técnica, al aparecer por un lado como capacidad, en principio ilimitada, hace que al hombre, puesto a vivir de fe en la técnica y solo en ella, se le vacie la vida. Porque ser técnico y solo técnico es poder serlo todo y con-

EL ARTESANO Y EL TÉCNICO

secuentemente 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.

Ortega J. Gasset

XI

RELACIÓN EN QUE EL HOMBRE Y SU TÉCNICA SE
ENCUENTRAN HOY.—EL TÉCNICO ANTIGUO

Hemos visto cómo el estadio de evolución técnica en que hoy nos hallamos se caracteriza: 1.º Por el fabuloso crecimiento de actos y resultados técnicos que integran la vida actual. Mientras en la Edad Media, en la época del artesano, la técnica y la naturalidad del hombre parecían compensarse y la ecuación de condiciones en que la existencia se apoyaba le permitía beneficiar ya del don humano para adaptar el mundo al hombre, pero sin que ello llevase a desnaturalizarle, hoy los supuestos técnicos de la vida superan gravemente los naturales, de suerte tal que materialmente el hombre no puede vivir sin la técnica a que ha llegado. Esto no es una manera de decir, sino que significa una verdad literal. En uno de mis libros he destacado, como uno de los datos que el hombre contemporáneo debe mantener más vivaces en su mente, el hecho siguiente: Europa, desde el siglo v hasta 1800 —por tanto, en trece siglos—, no consigue llegar a más de

180 millones de habitantes. Pues bien, de 1800 a la hora presente, por tanto, en poco más de un siglo, ha alcanzado la cifra de unos 500 millones de hombres, sin contar los millones que ha centrifugado a la emigración. En un solo siglo ha crecido, pues, tres veces y media. Y es evidente que cualesquiera sean las causas adyacentes de tan prodigioso fenómeno —el hecho de que hoy *puedan* vivir bien tres veces y media más de hombres en el mismo espacio en que antes malvivían tres veces y media menos—, la causa inmediata y el supuesto menos eludible es la perfección de la técnica. Si esta retrocediese súbitamente, cientos de millones de hombres dejarían de existir.

La proliferación sin par de la planta humana acontecida en ese siglo es probablemente el origen de no pocos conflictos actuales. Hecho tal solo podía acontecer cuando el hombre había llegado a interponer entre la naturaleza y él una zona de pura creación técnica tan espesa y profunda que vino a constituir una sobrenaturaleza. El hombre de hoy —no me refiero al individuo, sino a la totalidad de los hombres— no puede elegir entre vivir en la naturaleza o beneficiar esa sobrenaturaleza. Está ya irremediablemente adscrito a esta y colocado en ella como el hombre primitivo en su contorno natural. Y esto tiene un riesgo entre otros: como al abrir los ojos a la existencia se encuentra el hombre rodeado de una cantidad fabulosa de objetos y procedimientos creados por la técnica, que forman un primer paisaje artificial tan tupido que oculta la naturaleza primaria tras él, tenderá a creer que, como esta, todo aquello está ahí por sí mismo: que el automóvil y la aspirina no son cosas que hay que fabricar,

sino cosas, como la piedra o la planta, que son dadas al hombre sin previo esfuerzo de este. Es decir, que puede llegar a perder la conciencia de la técnica y de las condiciones, por ejemplo, morales en que esta se produce, volviendo, como el primitivo, a no ver en ella sino dones naturales que se tienen desde luego y no reclaman esforzado sostenimiento. De suerte que la expansión prodigiosa de la técnica la hizo primero destacarse sobre el sobrio repertorio de nuestras actividades naturales y nos permitió adquirir plena conciencia de ella, pero luego, al seguir en fantástica progresión, su crecimiento amenaza con obnubilar esa conciencia.

2.º El otro rasgo que lleva al hombre a descubrir el carácter genuino de su propia técnica fue, digamos, el tránsito del mero instrumento a la máquina, esto es, al aparato que actúa por sí mismo. La máquina deja en último término al hombre, al artesano. No es ya el utensilio que auxilia al hombre, sino al revés: el hombre queda reducido a auxiliar de la máquina. Una fábrica es hoy un artefacto independiente al que ayudan en algunos momentos unos pocos hombres, cuyo papel resulta modestísimo.

3.º Consecuencia de ello fue que el técnico y el obrero, unidos en el artesano, se separasen, y al quedar aislados se convirtiese el técnico como tal en la expresión pura, viviente, de la técnica como tal: en suma, el ingeniero.

Hoy está la técnica ante nuestros ojos, tal y como es, exenta, aparte y sin confundirse y ocultarse en lo que no es ella. Por eso se dedican concretamente a ella ciertos hombres, los técnicos. En la Edad Pa-

leolítica o en la Edad Media, el inventar no podía constituir un oficio porque el hombre ignoraba su propio poder de invención. Hoy, por el contrario, el técnico se dedica, como a la actividad más normal y preestablecida, a la faena de inventar. Al revés que el primitivo, antes de inventar sabe que puede inventar; esto equivale a que antes de tener una técnica tiene *la* técnica. Hasta este punto y aun en este sentido casi material es cierto lo que vengo sosteniendo: que las técnicas son solo concreciones *a posteriori* de la función general técnica del hombre. El técnico no tiene que esperar los azares y someterse a cifras evanescentes de probabilidad, sino que, en principio, está seguro de llegar a descubrimientos. ¿Por qué?

Esto nos obliga a hablar algo del tecnicismo de la técnica.

Para algunos eso y solo eso es la técnica. Y, sin duda, no hay técnica sin tecnicismo, pero no es solo eso. El tecnicismo es solo el método intelectual que opera en la creación técnica. Sin él no hay técnica, pero con él solo tampoco la hay. Ya vimos que no basta poseer una facultad para que, sin más, la ejercitemos.

Yo hubiera deseado hablar largo y tendido sobre el tecnicismo de la técnica, así actual como pretérita. Es tal vez el tema que personalmente me interesa más. Pero hubiera sido un error, a mi juicio, hacer gravitar hacia él todo este curso. Ahora, en su agonia, tengo que reducirme a dedicarle una brevísima consideración: brevísima, pero, según espero, suficientemente clara.

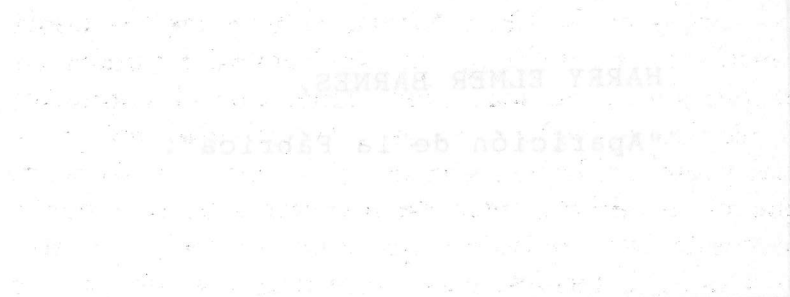
Es incuestionable que ni la técnica habría logrado tan fabulosa expansión en estos últimos siglos, ni

al instrumento hubiera sucedido la máquina, ni, consecuentemente, el técnico se habría separado del obrero si el tecnicismo no hubiese previamente sufrido una radical transformación.

En efecto, el tecnicismo moderno es completamente distinto del que ha actuado en todas las técnicas pretéritas. ¿Cómo expresar en pocas palabras la radical diferencia? Tal vez haciéndonos esta otra pregunta: el técnico del pasado, cuando lo era propiamente, es decir, cuando el invento no surgía por puro azar, sino que deliberadamente era buscado, ¿qué es lo que hacía? Pongamos un ejemplo esquemático, por tanto, exagerado, aunque se trata de un hecho histórico y no imaginario. El arquitecto nilota necesitaba elevar los sillares de piedra a las partes más altas de la pirámide de Cheops. El técnico egipcio parte, como no puede menos, del resultado que se propone: elevar el sillar. Para ello busca medios. Para ello; es decir, busca medios para el resultado —que la piedra quede en lo alto— tomando en bloque ese resultado. Su mente está prisionera de la finalidad propuesta tal y como es propuesta en su integridad última y perfecta. Tenderá, pues, a no buscar como medios sino aquellos actos o procedimientos que, a ser posible, produzcan de un solo golpe, con una sola operación breve o prolongada, pero de tipo único, el resultado total. La unidad indiferenciada del fin incita a buscar un método también único e indiferenciado. Esto lleva en los comienzos de la técnica a que el medio por el cual se hace la cosa se parezca mucho a la cosa misma que se hace. Así en la pirámide: para subir la pieza a lo alto se adosa a la pirámide tierra en forma de pirámide, con base

MEDITACIÓN DE LA TÉCNICA

más ancha y menos declive sobre el cual se arrastran hacia la cúspide los sillares. Como este principio de similitud —*similia similibus*— no es aplicable en muchos casos, el técnico se queda sin regla alguna, sin método para pasar mentalmente del fin propuesto al medio adecuado, y se dedica empíricamente a probar esto y lo otro y lo de más allá que vagamente se ofrezca como congruente al propósito. Dentro, pues, del círculo que se refiere a este propósito, recae en la misma actitud del «inventor primitivo».



El nuevo imperio de las máquinas durante una transformación radical en la manera de aplicar el trabajo del hombre al proceso industrial. Esto dio lugar al nacimiento de la fábrica o factoría, la forma moderna más característica de concepción y control del trabajo. La fábrica podría estar en forma rudimentaria sin máquinas muy complicadas. Bajo la forma primitiva de "water-wheel", la fábrica puede describirse en la antigua Mesopotamia, en Grecia en Roma y en la Inglaterra del siglo XVIII. Los capitalistas de principios del siglo XVII para las fábricas fueron poco exitosos antes de que surgiera el imperio de las máquinas. La fábrica entonces se hizo muy inviolable y en la actualidad, donde no sea por completo la industria moderna. Si pudo haber alguna especie de fábrica sin máquinas muy complicadas, la industria moderna, por el contrario, no puede ser fundada en otro lugar que por un desarrollo voluntario para ser fundada en casa particular. El hombre requiere más habilidades de los que puede proporcionar en su propia casa.

En un capítulo anterior indicamos algunos de los inconvenientes del sistema doméstico como se había desarrollado en Inglaterra durante el siglo XVII. Bajo este sistema, una considerable cantidad de manufactura era llevada a cabo en los distintos hogares y a veces en compañías con la participación. Tal cosa se debió a la falta de la oposición de las grandes fábricas a la competencia de las pequeñas industrias en las ciudades. Cuando las grandes fábricas se empezaron a imponer a las ciudades, la manufactura y sus particularmente en las industrias nuevas como la de la lana y el algodón, progresaron fuera de las ciudades. La nueva forma representada en las modernas fábricas es el resultado de la revolución de la industria textil.

La Revolución Industrial con la consiguiente multiplicación del mercado, aumentó la venta potencial de artículos manufacturados y con el tiempo las ventajas de la producción en gran escala.

HARRY ELMER BARNES,

"Aparición de la Fábrica".

El nuevo imperio de las máquinas determinó una transformación radical en la manera de aplicar el trabajo del hombre al proceso industrial. Esto dio lugar al nacimiento de la fábrica o factoría, la forma moderna más característica de concentrar y controlar el trabajo. La fábrica podría existir en forma rudimentaria sin máquinas muy complicadas. Bajo la forma primitiva de "talleres centrales", la factoría puede descubrirse en la antigua Mesopotamia, en Grecia, en Roma y en la Inglaterra del sistema comercial-capitalista de principios del siglo XVIII, pero las factorías fueron poco corrientes antes de que surgiera el imperio de las máquinas. Desde entonces se hicieron inevitables y, en la actualidad, dominan casi por completo la industria moderna. Si pudo haber alguna suerte de factoría sin máquinas muy complicadas, la moderna maquinaria, por el contrario, no puede ser montada en otro lugar, porque es demasiado voluminosa para ser instalada en casas particulares. También requiere más trabajadores de los que pueden reunirse en dichas casas.

En un capítulo anterior indicamos algunos de los inconvenientes del sistema doméstico como se había desarrollado en Inglaterra durante el siglo XVIII. Bajo este sistema, una considerable cantidad de manufactura era llevada a cabo en los distritos rurales y, a veces, en combinación con la agricultura. Tal cosa se debió, parcialmente, a la oposición de las guildas, contrarias a la consolidación de las plantas industriales en las ciudades. Cuando los gobiernos nacionales se impusieron a las guildas, la manufactura, y muy particularmente en las industrias nuevas como la de paños de lana y estambres, progresaron fuera de su jurisdicción. La nueva clase capitalista de los maestros pañeros se apoderó entonces del control de la industria textil.

La Revolución Comercial, con la consiguiente ampliación del mercado, aumentó la venta potencial de artículos manufacturados, y con tal motivo las ventajas de la producción en gran escala

comenzaron a exteriorizarse. De nuevo, la industria fue trasladada, parcialmente, a las ciudades, porque ello suponía un amplio mercado y la seguridad de obtener trabajadores. En los siglos XVIII y XIX la urbanización de la industria adquirió una fuerza irresistible debido a la introducción de la máquina de vapor.

Entonces la industria tendió a concentrarse en aquellas localidades que disponían de fuerza hidráulica, hierro y carbón. Con la introducción de la maquinaria, el proceso manufacturero se fragmentó en muchas operaciones rutinarias, ejecutadas principalmente por las máquinas y sin que los trabajadores tuvieran que hacer otra cosa que vigilarlas. Estas máquinas, no sólo eran muy caras para que los trabajadores individuales pudieran ser sus dueños, sino que estaban combinadas con todas las que llevaban a cabo una operación especial del proceso general, como, por ejemplo, el de la conversión de la fibra de algodón en tejido acabado. Estas máquinas tenían que ser instaladas en lugares donde se dispusiera de la energía pertinente para moverlas, y esto rara vez ocurría en los hogares de los trabajadores. En esta época, y antes del desenvolvimiento de los aparatos eléctricos, la energía era transmitida por un sistema de ejes y correas, lo cual determinaba el que sólo pudiera usarse en las proximidades de su origen.

La transición gradual del tejido a mano a la factoría ilustra bien esta tendencia general. Había muchos tejedores en los talleres centrales de Inglaterra antes de que fuese inventado el telar mecánico. Cuando apareció éste, esta maquinaria más económica fue instalada en ellos, y el taller se convirtió en fábrica. Los tejedores a mano, que todavía trabajaban en sus casas, fueron, gradualmente, suprimidos cuando las máquinas productoras de energía mejoraron tanto que hicieron su trabajo mucho más barato, hasta el punto de que el trabajador manual no pudo competir con ellas. Este se vio entonces obligado a buscar empleo en la factoría o dedicarse a cualquier otra ocupación que le permitiera ganarse la vida. Pronto demostró la factoría que era una agencia mucho más eficiente para fabricar artículos. Su aceptación general fue, por tanto, inevitable, y hasta deseable, a pesar de los cambios revolucionarios que envolvía y el desorden y sufrimientos que determinó.

Las primeras factorías con energía mecánica datan, principalmente, de la época en que las máquinas de Watt aparecieron en el mercado después del año 1780. La primera hilandería movida a vapor fue abierta por un hombre llamado Robinson, el año 1785. Entre los más importantes fundadores de las primeras fábricas textiles figuran Ricardo Arkwright, Samuel Oldknow, Robert Peel y Roberto Owen. El enérgico fundidor John Wilkinson introdujo el sistema de la factoría en la industria metalúrgica.

Como dice el profesor Clapham, el sistema fabril se abrió camino lentamente y con diferente tipo de progreso en las diversas industrias. Hacia el año 1830, las grandes fábricas abundaban en la rama algodonera de la industria textil tanto como en la metalúrgica del hierro. El trabajo manual y las pequeñas fábricas eran todavía corrientes, no sólo en las industrias de la lana y el estambre, sino también en otras muchas industrias.

Principales elementos del sistema fabril

De las características principales del sistema fabril, la más notable es la reunión de un número mucho mayor de trabajadores en un solo establecimiento de los que podían ser reunidos en los tipos más primitivos de la disciplina industrial. Aunque un establecimiento pueda ser considerado como factoría cuando emplea una docena o más de trabajadores, la factoría moderna comprende cientos y hasta miles de ellos. Hasta las pequeñas emplean, normalmente, mayor número de personas de las reunidas en los establecimientos ordinarios de las guildas.

El sistema fabril ofrece también mayores oportunidades para controlar, supervisar y disciplinar el trabajo. En comparación con los anteriores aprendices y jornaleros, los trabajadores de las fábricas modernas están, normalmente, más a merced de las clases capitalistas de lo que fue posible cuando los segundos podían convertirse en maestros y las herramientas eran relativamente baratas. La superior disciplina posible en el sistema fabril es todavía más aparente si la comparamos con el sistema doméstico, bajo el cual el capitalista o su representante visitaba a los trabajadores sólo esporádicamente al distribuir la materia prima o al recoger el producto acabado. Con anterioridad al desenvolvimiento de las organizaciones correspondientes, los trabajadores fabriles dependían casi por completo de la voluntad de su patrón, cuya presencia constante en la fábrica hacía posible una vigilancia y disciplina completas.

No sólo la fábrica hizo que el control del trabajo fuese mucho más fácil, sino también que la disciplina y la regimentación fueran absolutamente inevitables para impedir que prevaleciesen el caos y la confusión. La inspección desorganizada, basada en contactos personales, pudo ser adecuada en los pequeños establecimientos de las guildas, pero era insuficiente en la nueva situación creada con la reunión de cientos de trabajadores bajo un mismo techo. Llegó, pues, a ser necesario el establecimiento de reglas rigurosas que determinasen las horas de trabajo, las tareas que debía ejecutar cada trabajador, su comportamiento en relación

con el patrono, la conducta que debía observar dentro de la fábrica y hasta el modo como debía entrar y salir en la misma. El siguiente sumario de las reglas y castigos impuestos en una primitiva fábrica de algodón de las proximidades de Manchester ha sido citado por Mr. y Mrs. Hammond. Ilustra muy bien el carácter de la nueva disciplina industrial y el natural contraste entre las nuevas condiciones y las relativamente flexibles y descuidadas de la vida industrial bajo el sistema doméstico:

	ch.	p.
El hilandero que deje abiertas las ventanas	1	0
El hilandero que esté sucio durante su trabajo	1	0
El hilandero que se encuentre, fuera de su puesto, lavándose	1	0
El hilandero que deje el bote de aceite fuera de su sitio ..	1	0
El hilandero que repare la banda de su tambor a la luz del gas	2	0
El hilandero que deje su gas encendido	2	0
El hilandero que apague su gas demasiado pronto	1	0
El hilandero que trabaje con su luz de gas demasiado tiempo por la mañana	2	0
El hilandero que tuviese sus mechas demasiado grandes para cada luz	1	0
El hilandero que silbe	1	0
El hilandero que tenga extremos duros colgando de sus pesos	0	6
El hilandero que tuviese extremos duros sobre la banda del soporte	1	0
El hilandero que llegue cinco minutos después de sonar la última campanada	1	0
El hilandero que tuviese rodillo de envolver y no dé más que dos tirones por cada uno	0	6
El hilandero que vaya más allá de la puerta del cuarto de torsión cuando esté haciendo esta faena	1	0
El hilandero que esté enfermo y no pueda encontrar otro que lo sustituya deberá pagar diariamente por el vapor ..	6	0
El hilandero que se encuentra en la puerta la rueda de otro	1	0
El hilandero que descuide el envío de sus barreduras tres mañanas a la semana	1	0
El hilandero que deje algún residuo en sus husos	1	0

El primer código adecuado de disciplina fabril fue redactado por Sir Ricardo Arkwright. En realidad, su importancia para la Revolución Industrial es mucho mayor como organizador de fábricas que como promotor del *water-frame* giratorio. Las fábricas de Arkwright estaban tan bien organizadas y su código pareció

tan adecuado que fue ampliamente adoptado en Europa, y de este modo llegó a ser el padre de los posteriores y más completos del siglo XIX.

En estos últimos años, la observación y el experimento han probado que esos códigos de disciplina fabril presentaban serios defectos de su reacción sobre la personalidad humana. Han sido censurados, porque sacrificaban al orden y a la regimentación la tendencia natural al esfuerzo creador o a reducirlo al mínimo necesario para conservar el empleo.

Es evidente que los trabajadores están sujetos a un gran esfuerzo nervioso por la monotonía tanto de la rutina mecánica como de la disciplina fabril. También parece, aunque algunos psicólogos lo nieguen, que este tedio o cansancio provoca, a menudo, enfermedades nerviosas que retienen a los trabajadores en el hogar:

El informe del Inspector Jefe de Factorías y Talleres de 1931 demuestra que el tedio es la causa de que muchos trabajadores ingleses pierdan más días de trabajo que todas las demás enfermedades industriales juntas. Este es el resultado de la mecanización de la industria, según el comentario de *The Lancet*, revista médica inglesa. Las perturbaciones nerviosas ligeras que han incrementado mucho en los últimos años son, en realidad, según se cree, el resultado del cansancio. Este estado de tedio es tan grande que determina padecimientos nerviosos lo bastante severos para que se pierdan días de trabajo, cosa casi desconocida por los artesanos, añade *The Lancet*.

El reconocimiento de que debe haber algo equivocado en esta situación ha estimulado el desenvolvimiento de la moderna ciencia de la dirección del personal y de la psicología y psiquiatría industriales con la idea de humanizar la fábrica.

La técnica maquinista ha tendido también a mecanizar al trabajador que, con gran frecuencia, tiene que ejecutar una muy especializada operación rutinaria durante la mayor parte de su jornada, cuando no durante toda ella. De este modo, todas aquellas habilidades originadas en una preparación especial o en la repetición de movimientos simples y familiares pueden ser realizadas con gran facilidad. Hace mucho tiempo que Adam Smith señaló las grandes ventajas inherentes a esta subdivisión en el proceso industrial, pero nunca pudo prever la elaborada e intrínseca aplicación de dicha idea en la fábrica moderna. Este proceso ha culminado en los métodos de producción en masa y de aceleración usualmente relacionados en la mente del público con los resultados obtenidos por Enrique Ford en la industria automovilista.

Conviene recordar que el sistema fabril no sólo sujetó a los trabajadores industriales a un tipo nuevo y riguroso de disciplina industrial, sino que, al propio tiempo, desarraigó las antiguas perspectivas intelectuales y las aficiones sociales del hombre construidas en decenas de miles de años de experiencia.

Nadie ha presentado más concisa y gráficamente que el profesor Sombart esta importantísima consideración:

En primer lugar, aparece el importante hecho de que el proletariado es un representante típico de esa especie de hombres que ya no están en relación (interna o externa) con la Naturaleza. El proletariado no puede darse cuenta de la significación del movimiento de las nubes en el cielo ni comprende ya la voz de la tormenta.

No tiene patria, ni tampoco hogar, en el cual eche raíces. ¿Podrá sentirse en su casa en esas lúgubres calles mayores con casas de cuatro pisos? Cambia a menudo de domicilio, porque le desagrada su casero o porque ha variado su lugar de trabajo. Con igual facilidad que se muda de un cuarto a otro, se traslada de una ciudad a otra, de un país a otro, allí donde la oportunidad (es decir, el capitalismo) lo llama. Sin hogar ni tranquilidad, se mueve constantemente por la Tierra; pierde el sentido del color local; su hogar es el mundo. Ha olvidado la llamada de la Naturaleza y se ha convertido al materialismo.

Es un fenómeno actual que la gran mayoría de las gentes nada pueden llamar propio. En otras épocas hasta el más pobre era dueño de un trozo de tierra, de una cabaña o de unos cuantos animales que pudiese llamar suyos. Al fin y al cabo una insignificancia, pero que, sin embargo, era amada por él con todo su corazón. En la actualidad puede portear todas sus propiedades en un carrito de mano, cuando cambia de domicilio. Unos cuantos cacharros viejos son lo único que permite que su existencia individual sea conocida.

Todo sentimiento de comunidad ha sido completamente destruido por la bota de hierro del capitalismo. La vida de la aldea ha desaparecido, el proletariado carece de hogar social, y la familia, disgregada, desaparece.

Condiciones de trabajo en las minas y factorías primitivas

La miseria y la incertidumbre de la vida de las clases trabajadoras en las ciudades flamencas a fines de la Edad Media ha atraído la atención de los historiadores de la Economía y de la cuestión social. La concentración industrial en las ciudades había determinado ya la aparición de los problemas del trabajo de mujeres y niños, de la desocupación y de la explotación de los trabajadores mucho antes de que los motores mecánicos fueran inventados. El movimiento posterior de diseminación de la industria por el campo adyacente a las ciudades, un incidente de la lucha entre las gildas y las clases capitalistas en auge creciente, hizo que el

trabajador pudiese conservar relativa independencia frente a su patrono bajo el sistema doméstico. El desempleo también fue menos serio en el campo, porque todavía podía conseguirse tierra que cultivar. Esta independencia comenzó a desaparecer en Inglaterra antes aun de la aparición de las máquinas y las factorías. Cuando nos aproximamos al siglo XVIII preponderaba ya entre los trabajadores del sistema doméstico la tendencia a especializarse en el hilado o tejido de paños, con el abandono consiguiente de la agricultura y la jardinería.

Mientras el trabajo pudo efectuarse en los hogares, las mujeres y los niños ayudaban a los hombres de su propia familia. Es evidente que trabajaban con exceso, estaban mal alimentados y el trato recibido no era bueno. El sistema doméstico se parecía mucho al moderno taller explotador en muchos particulares. Si bien es cierto que la miseria no siempre aumentó con la introducción de la factoría, no lo es menos que se concentró y sus horrores fueron más conspicuos. Los cercamientos ingleses posteriores al año 1740 determinaron que un grupo de trabajadores, al quedar desamparados, acudieran en tropel a las nuevas plantas textiles y a los talleres metalúrgicos. Los campesinos desposeídos de sus tierras se vieron frente a la alternativa de trabajar en la fábrica o morir de hambre.

Cuando los trabajadores llegaron a las nuevas ciudades industriales, no encontraron habitaciones construidas adecuadamente, sino chozas y alojamientos precipitadamente preparados. Las propias factorías se habían multiplicado con tanta rapidez que la mayor parte de ellas estaban construidas de modo rudimentario tanto desde el punto de vista de la seguridad y la higiene como de la comodidad. Por primera vez, las mujeres y los niños fueron empleados en gran escala fuera de sus hogares durante un número excesivo de horas. Se estima que, cuando menos, tres cuartas partes de los trabajadores de las primitivas fábricas de algodón eran mujeres o niños que manejaban la mayor parte de las máquinas con relativa facilidad. Los mujeres no estaban en condiciones de pedir los mismos jornales que los hombres ni de luchar contra otras condiciones más repulsivas del trabajo. Por tanto, fueron explotadas y oprimidas vergonzosamente.

Por grandes que fueran los abusos cometidos con las mujeres, el aspecto más desagradable del nuevo sistema fabril fue el empleo general de niños. El peor de los males estuvo relacionado con la utilización de los aprendices mendigos. Los niños sostenidos por la beneficencia abundaban en las ciudades del sur de Inglaterra. En cuanto la demanda del trabajo infantil se desarrolló, las autoridades que administraban los bienes de la beneficencia comenzaron a arrendarlos como aprendices de los manufacture-

ros en las ciudades industriales del norte para librarse de la carga financiera que suponía sostenerlos. Por ejemplo, en cierta ocasión las autoridades de beneficencia de Londres enviaron esos niños fuera de la ciudad, sin que nadie los vigilara ni defendiese sus intereses. El único freno para los patronos era el temor a la inanición, las epidemias o una mortalidad tan terrible que determinase escasez de trabajadores. Algunas de las peores condiciones reveladas por las investigaciones hechas en diversas factorías fueron, precisamente, las dominantes entre estos desdichados *aprendices*. Como Mr. Briggs ha observado, concisa y exactamente: "Los niños vivían la vida de la máquina cuando trabajaban, y cuando no, la de las bestias."

Las horas de trabajo en las factorías eran excesivas, y los jornales extraordinariamente bajos. El trabajar 16 y 18 horas diarias no era cosa rara para niños de menos de 14 años. La jornada normal era de 14 y 16 horas. El siguiente testimonio del padre de dos niños que trabajaban en una factoría, prestado ante los comisarios de la misma en el año 1833, es típico:

Mis dos hijos (uno de 10 y otro de 13 años) trabajaban en la fábrica de Milnes, en Lenton. Entran en ella a las 5 y ½ de la mañana y no paran hasta la hora del té o del desayuno. Disponen de media hora para comer y vuelven a su casa a las diez menos cuarto. Es corriente que el trabajo se prolongue hasta las diez, hasta las once y hasta las doce. Ganan entre 6 ch. y 2 p. por semana. Uno de ellos, el mayor, trabajó dos años en la fábrica de Wilson, ganando 2 ch. 3 p. por semana. Le dejó porque el vigilante le pegaba y le arrancó un diente. Me quejé y lo despidieron. Ahora trabajan 16 horas y, como es natural, cuando llegan a la casa a las 10 y ½ están muy cansados. Me he visto obligado a golpearlos con una correa y a pincharles para que despierten. Me ha causado un enorme dolor el tener que hacerlo.

A estas horas atroces correspondían jornales extraordinariamente inadecuados. La tabla siguiente, tomada de la obra de Boyley, *Wages in the United Kingdom in the Nineteenth Century*, indica el jornal medio semanal pagado en varios periodos representativos a los principales tipos de trabajadores masculinos en Inglaterra desde el año 1795:

	1795		1807		1824		1833		1867		1897	
	ch.	p.	ch.	p.	ch.	p.	ch.	p.	ch.	p.	ch.	p.
Artesanos de Londres .	25	0	30	0	30	0	28	0	36	0	40	0
Artesanos de provincias	17	0	22	0	24	0	22	0	27	0	34	0
Trabajadores urbanos.	12	0	14	0	16	0	14	0	20	0	25	0
Trabajadores agrícolas	9	0	13	0	9	6	10	6	14	0	16	0

Estas cifras son sólo para hombres. La más alta (40 ch. en Londres el año 1897) equivale a 10.00 dólares por semana y la más baja a 2.25 solamente. Lo que se pagaba a las mujeres y niños era, como es natural, mucho más bajo, con un término medio en la primera época de la Revolución Industrial entre 4 ch. y 9 ch. (de 1.00 a 2.25 dólares) por semana. Como ha indicado Clapham, los salarios variaban mucho con la clase y el sexo del trabajador. Los trabajadores muy especializados en algunos artículos recibían salarios relativamente altos. El año 1833, un tejedor masculino de primera clase recibía, por término medio, 35 ch. 5 p., mientras que uno de tercera clase sólo ganaba 22 ch. 6 p. En el mismo año, las mujeres y los niños que trabajaban por piezas cobraban 5 ch. 10 p. Con un considerable retraso desde 1820 a 1870, y periodos estacionarios ocasionales, los salarios de las fábricas aumentaron lentamente en Inglaterra desde mediados del siglo XVIII hasta fines del XIX. Pero la elevación de los salarios fue relativamente corta en los 70 años siguientes al año 1800, como se deduce de la siguiente tabla debida también a Bowley:

Jornales medios semanales de los hilanderos de algodón en el distrito de Manchester

Año	Salarios
1806	24 ch. 2 p.
1810	30 ch. 0 p.
1815	28 ch. 11 p.
1819	28 ch. 11 p.
1833	27 ch. 1 p.
1841	22 ch. 0 p.
1849	21 ch. 7 p.
1859	24 ch. 1 p.
1870	27 ch. 8 p.
1880	33 ch. 6 p.
1886	35 ch. 7 p.
1893	37 ch. 0 p.

Los pagos por jornales quedaron, pues, muy retrasados en relación con los incrementos de la renta y fortuna de las clases capitalistas. Como veremos después, este hecho ha contribuido más que ningún otro a minar el capitalismo.

Aunque los salarios hayan subido ligeramente desde principios del siglo XIX, los de los trabajadores no especializados de Inglaterra han tendido a mantenerse alrededor de la cantidad absolutamente precisa para sostenerse y, en buen número de casos, estaban muy por debajo, como Carlos Booth y Seebohm Rowntree demostraron en sus famosos estudios acerca de las condiciones de

vida en Londres y York a fines del siglo XIX. Booth demostró que el 31%, aproximadamente, de la población de Londres vivía por debajo de la línea de la pobreza, en tanto que Rowntree reveló el hecho de que más del 28% de la ciudad de York vivían completamente en ella.

La situación moral de las nuevas factorías no era menos deplorable que la económica. En muchos casos las mujeres fueron obligadas a someterse a relaciones sexuales involuntarias para poder conservar su trabajo, y un dicho común en Inglaterra a principios de la mitad del siglo XIX afirmaba que "la factoría es el harén de su dueño". Las relaciones inmorales con las trabajadoras no se limitaban a los propietarios o directores de fábricas, sino que se extendían a los capataces. En realidad, dentro de las factorías la degradación moral llegó a ser, muy a menudo, general, y sus resultados todavía más lamentables debido a la presencia de gran número de niños. Como es natural, estas relaciones ilícitas produjeron gran cantidad de hijos naturales. Las condiciones morales y sociales en que vivían las clases trabajadoras de las nuevas ciudades fuera de las horas de trabajo no eran mucho mejores que en la factoría. Estándoles prohibidas las formas sanas de recreo, debido a su pobreza y a las largas horas de trabajo, la borrachera y las inmundicias sexuales estaban a la orden del día, pues no había otro medio de romper la terrible monotonía y aridez de la vida industrial.

Hasta las leyes higiénicas más elementales fueron ignoradas. Se concedió poca o ninguna consideración a una ventilación o calefacción adecuadas. Muy a menudo, durante el verano, las fábricas estaban envueltas en un aire tibio y caliginoso, mientras que en el invierno el frío era insoportable. Carecían de salas de descanso o de cualquiera de las comodidades ahora comunes en las bien equipadas factorías modernas. Los aparatos de seguridad eran desconocidos. Las máquinas rara vez estaban provistas de estos aparatos que protegen a los trabajadores del movimiento vertiginoso de sus ruedas, de ser atrapados por sus engranajes y arrollados por sus ejes. Los accidentes fatales eran demasiado frecuentes y las mutilaciones, más aún. Los parientes del fallecido o injuriado rara vez podían cobrar perjuicios, porque en esa época predominaba la llamada ley común, de acuerdo con la cual no había obligación de pagarlos si no se demostraba que el patrono era directamente responsable del accidente. Esto, como es natural, rara vez era posible, porque el patrono, al contrario que el obrero, podía disponer de asesores inteligentes y probar que el empleado, o "algún compañero ayudante", había sido, por su negligencia, el único culpable.

Tales eran las condiciones predominantes en la mayor parte de las factorías inglesas durante la primera mitad del siglo XIX, de acuerdo con los resultados que arroja toda una serie de investigaciones públicas y privadas. Pasado el año 1825, todavía quedaba en Inglaterra un considerable número de artesanos, principalmente en las industrias del tejido y del calzado. La instalación de telares más perfectos después de 1825, gradualmente, pero con seguridad, hizo que la competencia de estos artesanos a la factoría mecanizada fuese cada vez menos posible. Los sufrimientos de la clase artesanal, lenta, pero fatalmente rebasada y económicamente desamparada, fueron, en los primeros años de la Revolución Industrial, todavía más severos que la miseria de los nuevos trabajadores fabriles, aunque estos últimos fuesen mucho más numerosos. Los tejedores a mano fueron lentamente desplazados antes del año 1850 y los zapateros desaparecieron en la generación siguiente. Todavía quedaron algunos artesanos de ciertos oficios especiales, pero la mayor parte de la industria moderna se encuentra ahora dentro de las factorías. Parece evidente que todo proyecto práctico para mejorar la suerte de los trabajadores fabriles debería consistir en crear toda una serie de nuevas condiciones dentro de las fábricas, más bien que en llevar a la práctica los propósitos descabellados de John Ruskin o Ralph Borsodi de cerrar las factorías y volver a la economía artesanal. Como un recurso para el exceso de trabajadores, esta industria familiar de tipo rural y autosuficiente puede, sin embargo, que adquiriera una importancia cada vez mayor.

Las condiciones de trabajo en las minas de Inglaterra por esta época eran todavía peores que las predominantes en las factorías. Las mujeres y los niños eran empleados extensamente en pozos subterráneos durante 12 y 16 horas al día. Las mujeres empujaban o tiraban de las vagonetas cargadas de carbón, particularmente en lugares donde el techo era demasiado bajo para que pudiese pasar un asno. Niños de 4 y 5 años de edad servían de *tramperos*, o sea, para abrir y cerrar las puertas al paso de las vagonetas. Los salarios que se pagaban a estas mujeres y niños eran escandalosamente bajos, por término medio 2 ch. 6 p. a los niños y hasta 12 ch. por semana a las mujeres más activas. La siguiente y breve cita de la notable obra de Isabel Simeral, da un sumario muy gráfico de las condiciones típicas predominantes en las minas:

El trabajo de estos niños era usualmente el de *trappers*. Se sentaban detrás de las trampas o puertas de las galerías por las cuales tenían que pasar las vagonetas cargadas de carbón para dirigirse a los caminos secundarios que desembocaban en el principal, donde el mineral era aco-

modado y conducido a la superficie. Era muy peligroso dejar la puerta abierta, pues esto producía gran calor, falta de ventilación y posibles explosiones. Estos niños se sentaban, pues, en un hueco del muro y, cuando oían que se aproximaba la vagoneta, abrían la trampa con una cuerda, para cerrarla después que había pasado. Trabajaban 12 y 14 horas al día en la más profunda obscuridad, salvo cuando el buen minero les regalaba cabos de mecha. Como los lugares eran, por regla general, húmedos y el trabajo extraordinariamente monótono, no es extraño que se durmieran. Entonces se les golpeaba para que no retrasasen o perjudicasen su trabajo. No veían la luz del sol más que los domingos y, por tanto, no podían jugar más que ese día. Hodder, el biógrafo de Lord Ashley, que descubrió la situación, dice que hay ejemplos de niños altamente sensibles que se convirtieron en imbéciles de miedo a la oscuridad, a la soledad y a las sabandijas de que estaban infectadas frecuentemente las minas. Las galerías sólo medían de 22 a 28 pulgadas de altura y sólo los niños muy menudos podían pasar por ellas.

Otra notoria y terrible situación fue la de los deshollinadores, aunque no deberíamos exagerar, suponiendo que este fue el fenómeno económico y social de mayor importancia en la Inglaterra de la primera Revolución Industrial. Muchas de las primitivas chimeneas medían menos de un pie cuadrado por dentro. Se prefería a los niños de 3 ó 4 años de edad —y frecuentemente se les robaba— para este trabajo. A menudo eran introducidos en ellas cuando todavía estaban calientes. Muchos experimentaban quemaduras mortíferas, se perdían dentro de las cañerías o morían asfixiados. La desfiguración permanente o la pérdida de la vista fueron, como es natural, más comunes que la muerte. La tuberculosis era la consecuencia natural de este trabajo. Las llagas siempre abiertas debidas a las quemaduras, las infecciones y la falta de cuidado eran universales. Los niños más fuertes no podían trabajar más que unos cuantos meses. Estos desdichados fueron tratados prácticamente como animales, pues se les arrojaba el alimento y a menudo no se lavaban durante años. Algunas firmas, con gran cinismo, anunciaban “niños pequeños para chimeneas pequeñas”. Se hicieron serios esfuerzos para abolir estas atrocidades mediante leyes a partir del año 1804; pero dichas leyes fueron, repetidamente, bloqueadas en el Parlamento, especialmente en la Cámara de los Lores, por los ricos manufactureros. La prohibición del empleo de los niños como deshollinadores, lograda unas cuantas décadas después, se debió, en parte, a la construcción de chimeneas más grandes y de deshollinadoras mecánicas que hicieron el antiguo sistema antieconómico. El movimiento fue ayudado considerablemente por una opinión pública más humanitaria en la reformadora década de 1830.

PREFACIO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL

En la comprensión de la dimensión cultural de la tecnología, es preciso reconocer los ideales, los valores y la visión que alimentan cualquier innovación e investigación. Se reflejan en todos los aspectos de la práctica de la tecnología, desde las políticas económicas que influyen en su aplicación hasta la conducta profesional de los ingenieros y técnicos, médicos y científicos. Algunos de esos valores son idealistas, y se orientan hacia el potencial de la tecnología en la conquista sobre la enfermedad y la nutrición a un mundo hambriento; otros, se derivan de las visiones sobre la exploración del espacio, el control de las fuerzas nucleares o el dominio de los climas más hostiles y adversos.

Debido a su relación con las aspiraciones sociales generales, los valores particulares que reciben mayor atención difieren ampliamente entre las naciones y las comunidades y entre las diversas profesiones técnicas. Además, los valores y las prácticas tecnológicas cambian con el tiempo, pues siempre se discuten y aplican nuevos conceptos de "sistema", "diseño", "tecnología apropiada" y varios más de otras áreas. Por eso la cultura de la tecnología implica un amplio espectro de actitudes y prácticas, por lo cual un problema en la preparación de este libro fue el de la selección de los casos de estudio que fueran bastante representativos. Mi selección de tales casos estuvo inevitablemente limitada por mi experiencia, primero como profesor de materias técnicas y segundo como compilador de obras relativas a la tecnología y la salud pública.

En mi calidad de profesor, trabajé casi toda la década anterior para la Open University, precursora en Gran Bretaña, desde 1971, y varias partes de este libro reflejan los nuevos enfoques en la enseñanza de la tecnología desarrollados en esa universidad, los cuales debaten las nociones convencionales en torno al significado de la tecnología mediante el interés por conceptos tales como el

ARNOLD PACEY,
"Prefacio" y "La Tecnología,
Práctica y Cultura. El problema de la neutralidad".
Cap. I.

PREFACIO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL

"diseño" y el "control" social de la tecnología. Afortunadamente hay algunos textos de la universidad disponibles en idioma español, que recomiendo como complemento al presente estudio.¹

Como compilador de obras sobre ingeniería y salud, más que como especialista en alguna de las dos disciplinas, he viajado muy poco, pero he tenido la oportunidad de trabajar estrechamente con escritores e investigadores de la India y el Canadá, y de agencias como la OXFAM y la Organización Mundial de la Salud en Oxford, Ginebra y La Haya. Sin que pueda evitarlo, esto ha hecho que mi selección del material de los estudios de caso se centre en ciertas partes del mundo, pero los lectores seguramente podrán identificar casos similares en las regiones que les son familiares. Por ejemplo, es posible encontrar organizaciones interesadas en la tecnología "apropiada", "adecuada" o "intermedia" en países como Perú y México, y no sólo en Inglaterra. Las agencias latinoamericanas, sin embargo, se han inclinado a la identificación de la tecnología apropiada, tal y como se hace en Inglaterra, con la construcción de molinos de viento y de plantas de gas, y no con cuestiones más sutiles en torno a la práctica tecnológica.

Dichas cuestiones sutiles están ejemplificadas en este libro por las discusiones sobre el mantenimiento de las máquinas y equipos que culminan en una concepción más general de tecnología en tanto "dirección de procesos", lo cual contrasta profundamente con las ideas convencionales sobre la tecnología y su interés fundamental en la construcción y "la fabricación de cosas"; son claras las implicaciones para los debates sobre la ecología y el ambiente, aunque esto sólo es brevemente examinado en el libro.

Un tema más en el cual la selección de los estudios de

¹ Nigel Cross, David Elliott y Robin Roy, *Diseñando el futuro: Textos de la Open University*, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, S. A., 1980; también, *Diseño, tecnología y participación: Textos de la Open University*, de David Elliott y Nigel Cross, Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1980.

PREFACIO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL

caso se vio predispuesta por la esfera limitada de mi actividad profesional, es el relativo a los "conocimientos técnicos" de los pueblos precortesianos en América, particularmente en su reacción a las condiciones climatológicas extremas, ejemplificado no sólo por los esquimales de los climas árticos del Canadá sino también por la agricultura tradicional en las regiones desérticas de México. En el capítulo VIII de este libro se describe el "diálogo innovador" entre los esquimales y los blancos en Canadá. Un documento reciente de las Naciones Unidas² menciona la persistente importancia de las técnicas tradicionales mexicanas de conservación del agua e intenta, por implicación, confrontarlas en un "diálogo innovador" sobre los problemas modernos del suministro de agua.

Gran parte de la reflexión reciente sobre la tecnología se centra en los objetivos supuestamente conflictivos de crecimiento económico y la protección al ambiente, problema que con frecuencia distrae la atención de otros conflictos subyacentes. Muchos proyectos complejos de gran escala y alta tecnología parecen celebrar los valores del machismo o el virtuosismo y enfocarse al control político. Yo sostengo en este libro que tales valores no sólo han desviado el esfuerzo por crear una tecnología más benigna en términos ecológicos, sino también la innovación en la lucha por satisfacer las necesidades humanas y promover el bienestar del hombre.

Es posible observar la influencia de estos valores en profesiones tales como la medicina y la ingeniería, que se discute en el capítulo III. En las culturas de ciertos países su influencia es evidente, como es el caso de los Estados Unidos, Gran Bretaña y Francia, a los que me refiero constantemente, pero también podemos citar a Brasil por su carretera Transamazónica, sus presas en los bosques tropicales como la gigantesca hidroeléctrica de Tucuruí y, más positivamente, sus estudios pioneros en la

² United Nations Environmental Programme, *Rain and Stormwater Harvesting in Rural Areas*, Dublin, Tycooly International Publishing Ltd., 1983 (en lo que respecta a México, véase sobre todo el capítulo II).

tecnología del alcohol como combustible, y Argentina, por sus programas de energía nuclear.

En lo que se refiere al tipo contrastante de desarrollo tecnológico enfocado al bienestar humano, los mejores ejemplos son por lo general los Estados pequeños que no pueden abandonarse a los delirios de grandeza y que han otorgado la máxima prioridad a los programas de educación y salud. En esta obra se incluye a Botswana, Sri Lanka y Kerala (una provincia de la India), pero de la misma forma pudo haber tenido cabida Costa Rica y sus políticas de nutrición y bienestar social realizadas en los años cuarenta y en la década de los ochenta. En estos ejemplos se nos ofrece una esperanza real de que las agobiantes cargas de la pobreza, el hambre y la enfermedad que el mundo padece pueden ser vencidas, aun cuando los recursos sean escasos, si se despiertan las habilidades innatas de la propia gente pobre.

Por otro lado, estos ejemplos también muestran la fragilidad de tales logros en el mundo contemporáneo, al poner de relieve las luchas por el poder político y los conflictos de valores subyacentes, que restringen la concentración del esfuerzo tecnológico al servicio de las necesidades humanas. En el tiempo transcurrido desde el primer borrador de este libro, los esfuerzos de Sri Lanka en el campo del desarrollo humanitario han sido destruidos parcialmente, debido en buena medida a un giro en los valores y la política gubernamental hacia la tecnología en gran escala (por ejemplo, con los proyectos de las plantas hidroeléctricas) y el desarrollo económico acelerado. Los disturbios en Centroamérica amenazan lo realizado en Costa Rica y los recientes avances en los programas de salud, nutrición y alfabetización de Nicaragua. El trabajo a largo plazo llevado a cabo en Costa Rica, con el fin de mejorar el nivel nutricional y de salud del pueblo (realizaciones tecnológicas en el mejor y más extenso sentido de la palabra), han sido bien documentados,³ pese a todo, y perduran como un ejemplo del cual otros pueden aprender.

³ V. Valverde, W. Vargas, P. Payne y A. Thomason, "Data requirements and nutrition planning in Costa Rica", *Food Policy*, 6

En relación con el reconocimiento de la ayuda de aquellos cuyas ideas han influido en este libro, o que me han asesorado directamente, hice mención de las dos organizaciones más importantes con cuyos miembros tengo una deuda colectiva, a saber, la Open University y la OXFAM. Debo agregar a estos nombres los de otras organizaciones en las cuales tuve asignaciones como escritor: Institute of Development Studies (Universidad de Sussex), Intermediate Technology Development Group, London School of Hygiene and Tropical Medicine y la Organización Mundial de la Salud.

Entre las personas que me ayudaron en diversas maneras, estoy particularmente en deuda con Tony Barker, David Bradley, Angus Buchanan, Shione Carden, Alice Crampin, Howard Erskine Hill, David Farrar, Sylvia Farrar, Jacques Grinevald (Universidad de Ginebra), John Naughton, Roger Newton, Philip Pacey, Alison Ravetz, Jerry Ravetz, Penni Thompson, Simon Watt, Charles Webster, Penny Williams (Calgary).

Agradezco, por permitirme reproducir cuadros y gráficas, a la Intermediate Technology Publications Ltd. (gráficas II y VII), Unilever PLC y la revista *Progress* (gráfica IIIa), G. T. Shepherd (gráfica VIII), Linda Richardson (gráfica IX), y al Movimiento Sarvodaya Shramadana, de Sri Lanka (cuadro VI).

Las citas y referencias empleadas en el texto están identificadas en las notas a pie de página. En lo que concierne a los pasajes citados envío mi agradecimiento a:

La revista *Food Policy*, PO Box 63, Guildford, Surrey, Inglaterra, por su permiso para citar la obra de Davidson R. Gwatkin, "Food policy, nutrition, planning and survival—the cases of Kerala and Sri Lanka", vol. 4, núm. 4, noviembre de 1979, pp. 245-258.

Langley Technical Services, 95 Sussex Place, Slough, por acceder a citar el libro de Mike Cooley, *Architec or Bee?*, 1980.

(1981), pp. 19-26; también la publicación oficial *Encuesta Nacional de Nutrición 1978*, San José, Oficina de Información, Casa Presidencial, 1980.

PREFACIO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL

Ministry of Supply and Services, Ottawa, Canadá, por permitirme citar *Northern Frontier, Northern Homeland: the Report of the Mackenzie Valley Pipeline Inquiry*, del presidente del Tribunal Thomas R. Berger, 1977.

OXFAM, 274 Banbury Road, Oxford, Inglaterra, por el permiso para citar *Against the Grain*, de Tony Jackson, 1982.

A Philip Pacey, por su consentimiento para citar de su obra *In the Elements Free*, Newcastle, Inglaterra: Galloping Dog Press, 1983.

A Routledge and Kegan Paul Ltd., Londres, y la Stanford University Press, Stanford, California, por permitir citar de Ralf Dahrendorf *The New Liberty*, 1975.

A St. Martin Press Inc., de Nueva York, por el permiso para citar la obra de Samuel C. Florman, *The Existential Pleasures of Engineering*, 1976.

A SCM Press Ltd., Londres, para citar de Jack Burton *Transport of Delight*, 1976.

A John Wiley & Sons, Chichester, Inglaterra, para citar la obra de Stephen Cotgrove, *Catastrophe and Cornucopia*, 1982.

A Verso Editions y New Left Books, Londres, por acceder a qué citara de Raymond Williams, *Problems in Materialism and Culture*, 1980.

ARNOLD PACEY,
Ilkley, West Yorkshire,
Inglaterra,
1º de septiembre de 1984.

I. LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

EL PROBLEMA DE LA NEUTRALIDAD

Los deportes invernales adquirieron una nueva dimensión en América del Norte con la introducción, en los años sesenta, del trineo de nieve motorizado. Al montarse como una motocicleta y dotada de manubrios para conducir, esta pequeña máquina asentada sobre esquís proporcionó a la gente de Canadá y el norte de los Estados Unidos una movilidad adicional que podía utilizar durante los largos inviernos. Las ventas de los trineos de nieve se duplicaron año con año durante cierto tiempo, alcanzando en el año de bonanza de 1970-1971 la cifra de casi medio millón de unidades vendidas. Posteriormente, el mercado declinó, pero este tipo de trineo de nieve ya se había consolidado y la organización de pistas ramificado en muchos nuevos centros invernales recreativos. En 1978, existían varios millares de pistas públicas, aproximadamente la mitad de ellas en la provincia de Quebec, diseñadas y reservadas para los trineos.

Si bien otras firmas producían pequeños toboganes de motor, este tipo de trineo de nieve que logró tanta popularidad, nació realmente en el año de 1959, gracias, principalmente, a la iniciativa de Joseph-Armand Bombardier de Valcourt, Quebec.¹ Este hombre experimentó con vehículos para viajar sobre la nieve desde los años veinte, por lo que patentó una cinta de oruga de caucho y acero para impulsarlos. Su primer éxito comercial, que le permitió convertir su taller de reparaciones mecánicas en una importante firma manufacturera, fue una máquina capaz de transportar siete pasajeros, que estuvo a la venta en el

¹ M. B. Doyle, *An Assessment of the Snowmobile Industry and Sport*, Washington, D. C.: International Snowmobile Industry Association, 1978, pp. 14, 47; sobre Joseph-Armand Bombardier, véase Alexander Ross, *The Risk Takers*, Toronto: Macmillan and the Financial Post, 1978, p. 155.

mercado desde 1936. Después vendrían otros éxitos, pero ninguno que capturara la imaginación popular tanto como lo hizo el trineo de nieve de 1959, que rápidamente fue producido desde entonces por otros fabricantes.

El uso de los trineos de nieve no se confinó, sin embargo, en los centros turísticos de América del Norte. En Suecia, Groenlandia y el Ártico canadiense, estos vehículos se han convertido en parte del equipo mediante el cual muchas comunidades obtienen su sustento. En la Laponia sueca se utilizan para el pastoreo de las manadas de renos; en la isla Bank de Canadá, permiten a los tramperos esquimales obtener el ingreso familiar derivado de la tradicional caza invernal de pieles de zorra.

Estos usos de los trineos de nieve por parte de pueblos con marcadas diferencias culturales, ilustran en apariencia un argumento expuesto ampliamente en las discusiones sobre los problemas asociados con la tecnología, a saber, que la tecnología es neutral en términos culturales, morales y políticos; tan sólo proporciona herramientas que son independientes de los sistemas de valores locales y que pueden utilizarse imparcialmente en apoyo de estilos de vida sustancialmente diferentes.

De este modo, se sostiene en todo el mundo que la tecnología es "amoral en esencia, algo aparte de los valores, un instrumento que puede ser utilizado para bien o para mal".² Por tanto, si la gente en países lejanos padece hambre, si la mortalidad infantil en los barrios pobres de las ciudades es siempre elevada, si nos sentimos amenazados por la destrucción nuclear o más insidiosamente por los efectos de la contaminación química, no hay por qué culpar a la tecnología sino a los errores de los políticos, los militares, los grandes industriales y otras personas.

El trineo de nieve parece refrendar a la perfección este argumento. Ya sea que se utilice en el pastoreo de los rebaños de renos o para fines recreativos, en deportes perniciosos a la ecología o para obtener el sustento, la máquina es la misma. Los principios de ingeniería implica-

² R. A. Buchanan, *Technology and Social Progress*, Oxford: Pergamon Press, 1965, p. 163.

dos en su funcionamiento son válidos universalmente, sean lapones, esquimales, cazadores indios, deportistas de Wisconsin, vacacionistas de Quebec o técnicos en prospección de las compañías petroleras multinacionales quienes los pongan en práctica. Y si bien es cierto que el trineo de nieve ha tenido un impacto social, al alterar la organización del trabajo, por ejemplo, de las comunales laponas, no por ello ha influido en sus valores culturales básicos. De esta forma, la tecnología del trineo de nieve sería algo muy independiente de los estilos de vida de los lapones, esquimales o norteamericanos.

Pero la observación de un trineo de nieve moderno, de supuesto aspecto aerodinámico y brillantes colores, sugiere otro punto de vista; así como la propaganda, que muestra jóvenes recios y viriles manejando las máquinas con sensuales acompañantes, por lo general rubias y montadas en el asiento trasero, el esquimal que utiliza el trineo en prolongadas expediciones en el Ártico descubre inmediatamente diferencias más significativas. Al recurrir al medio tradicional de transporte, el trineo jalado por perros, obtiene la provisión de combustible en su ruta al cazar el alimento para sus perros; con el trineo de motor, debe aprovisionarse con una gran cantidad de combustible y refacciones, y ser capaz de ejecutar él mismo las reparaciones; aun entonces será preciso llevar unos cuantos perros consigo para una emergencia en el caso de que el trineo deje de funcionar. El vehículo diseñado para viajes de placer en los centros turísticos bien equipados, plantea una serie distinta de problemas de servicio que cuando es utilizado en el trabajo pesado en áreas remotas. Un esquimal "guardó su trineo en la tienda de campaña para que estuviera caliente antes de echarlo a andar en la mañana, lo cual no evitó innumerables fallas mecánicas".³ Hay varias historias sobre esquimales de reconocidas aptitudes mecánicas, que han modificado sus trineos motorizados con el fin de adaptarlos en forma más adecuada para el uso local.

³ P. J. Usher, "The use of snowmobiles for trapping on Bank Island", *Artic* (Arctic Institute of North America), 25, 1972, p. 173.

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

Entonces ¿es la tecnología neutral en términos culturales? Si consideramos la construcción elemental de una máquina y los principios de su funcionamiento, la respuesta es sí. Pero si tomamos en cuenta la trama de actividades humanas que rodea a la máquina y que incluye los usos prácticos, su función como símbolo de posición social, el suministro de combustible y refacciones, las pistas turísticas organizadas y la destreza de sus dueños, la respuesta es claramente no. Vista de esta forma, la tecnología es considerada como parte de la vida y no como una cosa que puede colocarse en un compartimento separado. Para que tenga alguna utilidad, el trineo de nieve motorizado debe adaptarse al patrón de actividad que corresponde a un estilo de vida y al conjunto de valores particulares.

El problema que se nos presenta en este punto, como en la mayor parte de la discusión al respecto, reside en que la "tecnología" se ha transformado en una palabra con un enjambre de significados diferentes. Parece casi imposible recuperar el uso correcto de la palabra en su sentido original. Pero es deseable y necesario hacer una clara distinción entre sus diversos niveles de significación. Este tipo de distinciones se realiza en la medicina cuando se habla de "práctica médica", para referir un término general, y "ciencia médica" para referir aspectos estrictamente técnicos de la materia. En ocasiones, las referencias a la "práctica médica" denotan simplemente la organización indispensable en la utilización del conocimiento y la habilidad médicas en el tratamiento de los pacientes. Otras veces, sin embargo, el término tiene que ver, en un sentido más útil, con la actividad de la medicina en su conjunto, sus bases y conocimiento técnico, su organización y sus aspectos culturales. Esto incluye el último sentido de vocación de los médicos, sus satisfacciones y valores personales y el código ético de su profesión. Por tanto, la "práctica" puede ser un concepto amplio e inclusivo.

Una vez establecida esta distinción, es claro que, aunque la práctica médica difiera sustancialmente de un país a otro, la ciencia médica se conforma de técnicas y cono-

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

cimientos que pueden ser útiles en muchos países. Ciertamente, la ciencia médica en los países occidentales se caracteriza porque la mayoría de las investigaciones se concentran en los grandes hospitales. Pero aun así, la mayor parte del conocimiento básico es extensamente aplicable y relativamente independiente de las culturas locales. En forma similar, el diseño de los trineos de nieve motorizados es un reflejo de la manera en que se practica la tecnología en un país industrializado: vehículos producidos en serie que soslayan algunas de las necesidades especiales de los esquimales y lapones. No obstante, todavía sería posible destacar un sustrato de conocimiento, técnica y principio subyacente de ingeniería, de validez universal capaz de aplicarse en cualquier parte del mundo.

Mi sugerencia es que entenderíamos con mayor claridad estas cosas si el concepto de práctica se utilizara en todas las ramas de la tecnología de la misma manera en que tradicionalmente se ha usado en la medicina. De este modo, seríamos capaces de observar los aspectos de la tecnología que están ligados a los valores culturales y los que, en cierto sentido, son independientes de ellos. Así, estaríamos en condiciones de apreciar a la tecnología como una actividad humana y como parte de la vida. La consideraríamos como algo que implica no sólo máquinas, técnicas y conocimientos rigurosamente precisos, sino también patrones de organización característicos y valores ambiguos.

La práctica médica puede resultar un ejemplo extraño para otras tecnologías, distorsionada, como muchas veces parece estarlo, por la posición encumbrada del doctor como un experto. Pero lo que sacude realmente a cualquiera que esté familiarizado con la ingeniería, es que la medicina posee, por lo menos, vocabulario y conceptos que suscitan discusiones acaloradas respecto a las diversas formas de servir a la comunidad. Por ejemplo, hay frases como "atención primaria" y "medicina comunitaria" que en ocasiones se subrayan como el tipo de práctica médica que debe recibir mayor aliento, cuando el énfasis en la medicina de hospital ha sido llevado al extremo. Existen igualmente adaptaciones muy interesantes del len-

guaje de la práctica médica. En algunas partes de Asia, a los trabajadores paramédicos se les ha auxiliado con "para-agrónomos" en la agricultura, y los doctores descalzos de China han inspirado la sugerencia de reclutar técnicos descalzos que atiendan los problemas urgentes de suministro de agua a las aldeas. A pesar de estos préstamos lingüísticos, las discusiones sobre la práctica en la mayoría de las ramas de la tecnología no han progresado gran cosa.

LOS PROBLEMAS DE LA DEFINICIÓN

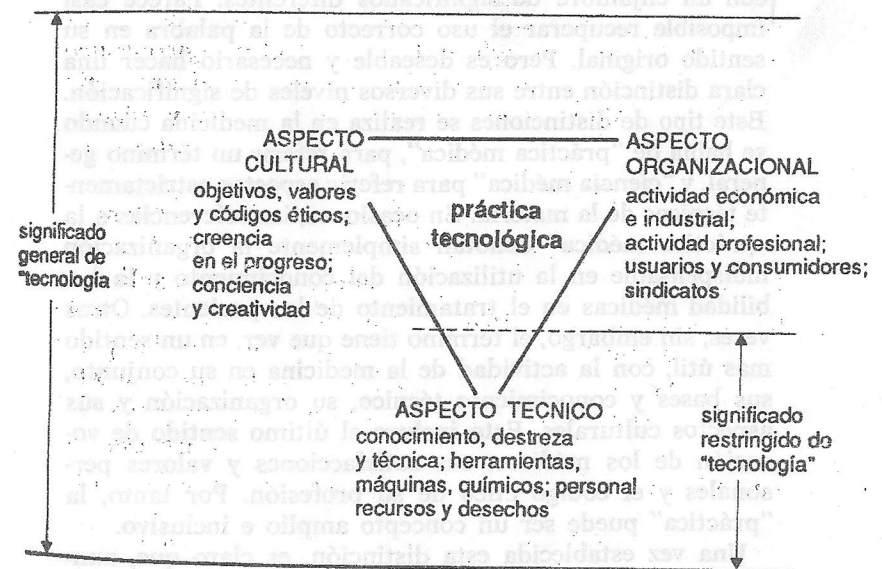
Al hacer la definición precisa del concepto de tecnología-práctica, es necesario reflexionar con detenimiento sobre los aspectos humanos y sociales. Quienes escriben sobre las relaciones sociales y el control social de la tecnología, tienden a reducir su análisis en la organización poniendo un énfasis particular en la planeación y administración, manejo de la investigación, sistemas para el control de la población y otros abusos, y en la organización profesional de científicos y tecnólogos. Estos temas son importantes, pero existe una amplia dimensión de contenido humano en la tecnología-práctica que con mucha frecuencia estos estudios ignoran, por ejemplo, los valores personales y la experiencia individual del trabajo técnico.

Pareciera que incluir todas estas cosas en un estudio de la tecnología-práctica sería algo ilusoriamente comprensivo. Sin embargo, si recordamos la forma en que la práctica médica posee elementos técnicos, éticos y organizativos, podremos obtener una perspectiva más ordenada de lo que implica el concepto de tecnología-práctica. A muchas personas con mentalidad politizada puede parecerles que el *aspecto organizativo* es lo importante, ya que representa muchas facetas de la administración y la política públicas, y se relaciona con las actividades de ingenieros, diseñadores, técnicos y trabajadores de la producción, y usuarios y consumidores de todo lo producido. Otra considerable cantidad de personas, sin embargo,

identifica la tecnología con su *aspecto técnico*, puesto que tiene relación con máquinas, técnicas, conocimientos y con la actividad esencial de hacer funcionar las cosas.

No obstante, más allá de eso, existen valores que influyen en la creatividad de los diseñadores e inventores y que, junto con las diversas creencias y hábitos de pensamiento característicos de la actividad técnica y científica, pueden resaltarse si hablamos del *aspecto cultural* o ideológico de la práctica tecnológica. Existe un riesgo de ambigüedad en esto, pues hablando estrictamente, la ideología, la organización, la técnica y las herramientas son elementos de la cultura de una sociedad; pero en el lenguaje común, la cultura se refiere a los valores, las ideas y la actividad creadora por lo que es conveniente utilizar el término con este significado. Es en este sentido que el título del presente libro se refiere al aspecto cultural de la práctica tecnológica.

Las ideas anteriores se encuentran resumidas en la gráfica



GRÁFICA I. Diagrama de las definiciones de "tecnología" y "práctica tecnológica".

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

fica 1, en la cual el triángulo en su conjunto representa el concepto de la práctica tecnológica, y las esquinas sus aspectos organizativos, técnicos y culturales. El diagrama intenta también ilustrar la forma en que las personas emplean, en algunas ocasiones, la palabra tecnología en un sentido restringido y, en otras, en uno general. Cuando se habla de tecnología en sentido restringido, los valores culturales y los factores organizativos son considerados como algo externo a ella, reduciéndola por completo a sus aspectos técnicos; al hablar de este modo es más apropiado usar la palabra "técnica". El significado general de la palabra se puede identificar con el concepto de práctica tecnológica, que no está exento de valoraciones ni es políticamente neutral, como aseguran algunas personas.

Un buen número de definiciones formales sobre lo que es tecnología oscilan entre el uso general y el restringido del término. J. K. Galbraith define a la tecnología como "la aplicación sistemática del conocimiento científico o de otro tipo de conocimiento organizado a tareas prácticas".⁴ Esto puede parecer una definición estrecha y apenas suficiente, pero profundizando en su lectura encontramos que Galbraith considera a la tecnología como una actividad que involucra organizaciones complejas y sistemas de valores. A partir de este enfoque, otros autores han extendido la definición de Galbraith.

Para esos autores, la definición que explicita tanto el papel de la gente y la organización como el de la estructura es la que describe la tecnología como "la aplicación del conocimiento científico u organizado a las tareas prácticas... por medio de sistemas que incluyen a las personas y a las máquinas".⁵ En muchos aspectos, esto sintetiza muy bien el concepto de práctica tecnológica; pero algunas ramas de la tecnología se relacionan con procesos que dependen de organismos vivos, como en el caso de la fer-

⁴ J. K. Galbraith, *The New Industrial State*, Londres: André Deutsch, 1972, capítulo 2.

⁵ John Naughton, "Introduction: Technology and Human Values", en *Living with Technology: A Foundation Course*, Milton Keynes: The Open University Press, 1979.

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

mentación de la cerveza, el tratamiento de las aguas negras o las nuevas biotecnologías. Muchas personas incluyen nociones de la agricultura, la nutrición y la medicina en su definición de la tecnología. Por tanto, es necesario extender aún más nuestra definición para abarcar el "componente orgánico", tanto como la estructura, por lo cual la tecnología-práctica viene a ser la aplicación del conocimiento científico u organizado a las tareas prácticas por medio de sistemas ordenados que incluyen a las personas, las organizaciones, los organismos vivos y las máquinas.

Esta definición incluye, en cierta medida, a la ciencia dentro de la tecnología, lo cual no quiere decir, por supuesto, que la ciencia sea un aspecto de la tecnología sin fines propios. El físico que trabaja con materiales magnéticos o semiconductores puede tener un interés puramente abstracto en la estructura de la materia o en el comportamiento de los electrones de los sólidos. En ese sentido, puede concebirse como un científico puro no interesado en la industria y la tecnología; pero no es mera coincidencia el que los materiales magnéticos con los cuales trabaja, sean precisamente los que se utilizan en la fabricación de transformadores y en las memorias de las computadoras, y que los semiconductores de sus investigaciones puedan ser empleados en los microprocesadores. La selección del objeto de investigación por parte de un científico, está influida inevitablemente por los requerimientos tecnológicos, a través de presiones materiales o de cierta atmósfera de opinión respecto a lo que vale la pena investigar. Gran parte de la ciencia opera de este modo, con objetivos situados definitivamente fuera de la práctica tecnológica pero con una función práctica dentro de ella.

Si existe una confusión en el empleo de la palabra "tecnología", no es sorprendente que lo mismo suceda con los adjetivos "técnico" y "tecnológico". Los economistas hacen su propia distinción, y definen el cambio en la técnica como el desarrollo basado en la selección entre el nivel de los métodos conocidos y el cambio tecnológico, vista como algo que implica fundamentalmente un nuevo

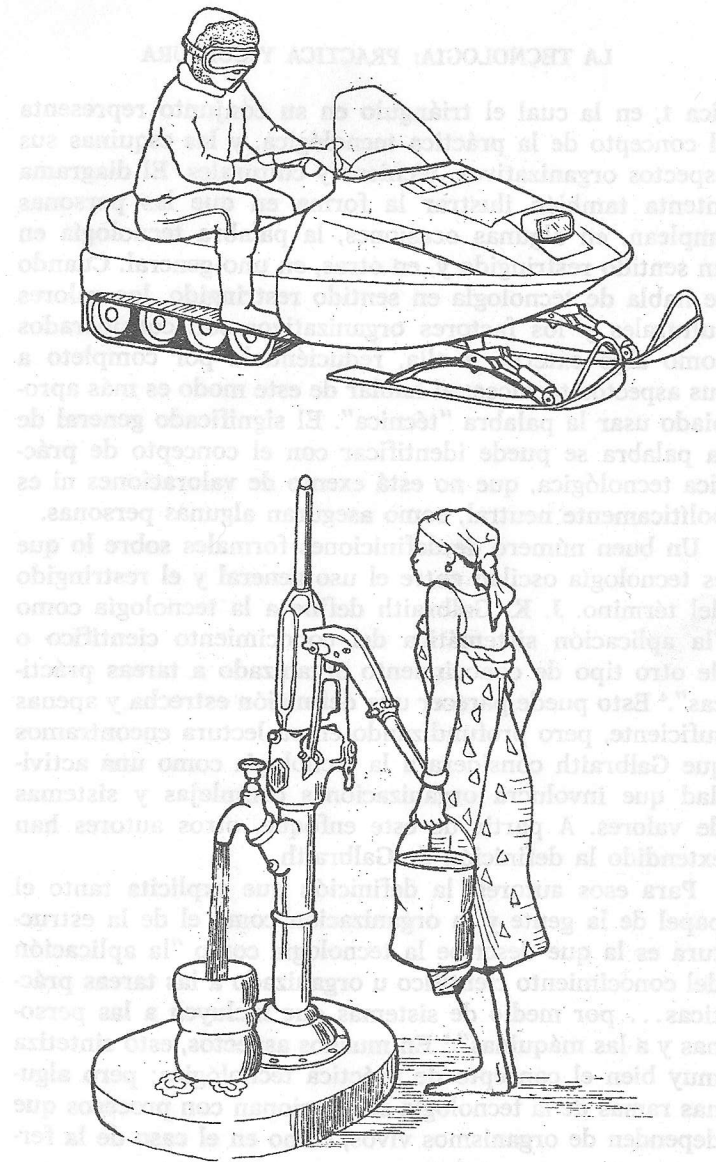
invento o descubrimiento. Lo anterior puede derivar en el uso distintivo de la palabra "técnica"; sin embargo, usaré este adjetivo únicamente para referirme a los aspectos técnicos de la práctica según se define en el cuadro 1. Por ejemplo, la aplicación del tratamiento químico de las aguas para atacar la contaminación en un río, se describe en esta obra como una "reparación técnica" (y no como un "ajuste tecnológico"), pues representa el intento por solucionar un problema recurriendo exclusivamente a la técnica e ignorando los cambios posibles de la práctica que evitaran, en primer lugar, el desagüe de contaminantes en el río.

Por el contrario, cuando discuto los desarrollos de la práctica de la tecnología, que incluyen aspectos organizativos, los describo como "desarrollos tecnológicos", señalando que no se circunscriben a la forma técnica. La terminología resultante de las observaciones anteriores está de acuerdo con el lenguaje común y cotidiano, más que con el de la economía.

LOS VALORES SUBYACENTES AL DESCUBIERTO

Un problema derivado del empleo habitual de la palabra tecnología en su sentido restringido, es el olvido total en el que han caído algunos de los aspectos generales de la práctica tecnológica. Por esta razón, detrás de los debates públicos referentes a los recursos y al medio o al aprovisionamiento mundial de alimentos, existe una maraña de valores y creencias no ponderadas y una gran confusión respecto a los fines de la tecnología. Varios proyectos fracasan, incluso en un plano práctico, al no solucionar siquiera la mitad del problema para el cual fueron diseñados y terminar como ajustes técnicos inapropiados, debido a los factores organizativos importantes que han soslayado. Con mucha frecuencia, a los usuarios de los equipos (ver gráfica II) y a sus modelos de organización se les ignora por completo.

Una parte de los objetivos de este libro es poner al



GRÁFICA II. La tecnología se refiere a "sistemas que incluyen a las personas y a las máquinas". Un buen número de las personas implicadas son usuarios de las bombas de mano y los trineos de nieve motorizados.

LA TECNOLOGÍA: PRACTICA Y CULTURA

desnudo las actitudes que restringen nuestra visión de la tecnología, y exponer los aspectos culturales omitidos. El primer paso, con el trineo de nieve motorizado, fue el de considerar las formas peculiares de uso y mantenimiento de la máquina en las diversas comunidades. Con esto quedó claro que una máquina diseñada con base en los valores de una cultura, requería de una gran cantidad de esfuerzo para satisfacer los propósitos de otra.

La mera apariencia de las bombas manuales utilizadas en los pozos de las aldeas de la India, proporciona un ejemplo más amplio. Durante el periodo de sequía en los años sesenta, se buscó agua en el subsuelo por medio de inmensas máquinas perforadoras que abrían agujeros en la superficie y cavaban a grandes profundidades. Las bombas manuales se instalaron casi en su totalidad en estos nuevos pozos. En 1975, había, aproximadamente, unas 150 000, pero las encuestas demostraron que casi un tercio de ellas estaban descompuestas, tomando en cuenta cualquier periodo de operación. En ocasiones, las bombas nuevas se descomponían después de tres o cuatro semanas de uso. Diversas fallas fueron identificadas por los ingenieros, tanto en el diseño como en las normas de fabricación. No obstante que estos defectos se corrigieron, las bombas siguieron fallando. Eventualmente, se llegó a la conclusión de que las descomposturas no sólo representaban un problema de ingeniería. También eran, parcialmente, un problema organizativo o administrativo, dado que las medidas tomadas para el mantenimiento no eran efectivas. Otra dificultad residía en que en muchas aldeas nadie sentía responsabilidad personal por el cuidado de las bombas. Sólo cuando se consideraron estos problemas en conjunto, empezó a mejorar su funcionamiento.

Este episodio y la forma en que se manejó, ilustran convenientemente la importancia de la apreciación integrada de la práctica tecnológica. La salida al problema se descubrió únicamente cuando todos los aspectos de la administración, el mantenimiento y el diseño técnico de la bomba fueron considerados en conjunto. La primera obstrucción en la solución del problema fue el tener una visión de la

LA TECNOLOGÍA: PRACTICA Y CULTURA

tecnología que se inicia y termina con la máquina, la cual se ha definido, en otro contexto similar, como la visión de túnel en ingeniería.

Es factible que cualquier profesional que se encuentre en una situación similar experimente su propia variante de la visión de túnel. Si a un consultor en administración se le hubiese inquirido sobre las bombas manuales, hubiera localizado rápidamente las fallas administrativas del sistema de mantenimiento, pero tal vez sin reconocer la necesidad de efectuar mejoras mecánicas en las bombas. La formación de especialistas restringe inevitablemente la dimensión de los problemas. Empero, la visión de túnel en las actitudes frente a la tecnología, se extiende mucho más allá de quienes han recibido educación especializada, pues afecta también la toma de decisiones políticas e influye en las expectativas populares. En muchos aspectos de la vida, las personas tienden a reducir su enfoque en las cuestiones inmediatas de cualquier problema técnico, pensando que las capacidades extraordinarias de la tecnología moderna habrán de conducir a una "solución apropiada". Esta actitud parece aplicable a cualquier cosa: desde el declinamiento de las ciudades perdidas hasta la seguridad militar, desde la contaminación hasta la cura del cáncer. Pero todos estos problemas tienen un componente social. Abrigar la esperanza de una solución técnica para cualquiera de ellos, que no incluya medidas culturales y sociales, es moverse en un terreno ilusorio.

Este fue el caso de las bombas manuales. El aspecto técnico del problema estuvo ejemplificado por el diseño y la manufactura defectuosos. Por otra parte, existían dificultades administrativas respecto al mantenimiento. Sin embargo, de igual importancia era el aspecto cultural de la tecnología practicada por los ingenieros comprometidos en el asunto. En primer lugar, esto se refiere a la forma de pensar de los ingenieros y a la visión de túnel que se deriva de ella; en segundo, implica un conflicto de valores entre los ingenieros altamente especializados y la gente relativamente analfabeta de las zonas rurales de la India, a quienes beneficiarían las bombas ma-

nuales. La gente de estas localidades probablemente exageró sus expectativas respecto a las bombas como productos de una tecnología extraña y todopoderosa, por lo cual no las consideró como artefactos vulnerables que precisaban de cuidado en el uso y de protección contra daños; esta gente, además, tenía sus propias nociones de higiene y de empleo del agua.

Muchos profesionales de la tecnología son muy conscientes de que los problemas que enfrentan tienen implicaciones sociales, pero no saben con certeza la forma de manejarlos. Considerar únicamente los detalles técnicos y dejar de lado otros aspectos, es la opción más cómoda y, después de todo, la manera en que fueron educados. En el problema de las bombas manuales se dio un paso importante hacia adelante, cuando un integrante del personal de una de las unidades locales de desarrollo del agua se puso a revisar los reportes individuales de las descomposturas de las bombas. Resultó de relativa facilidad para él, pasar de la revisión técnica de los componentes averiados a la observación del contexto social de cada bomba. Le sorprendió la forma en que algunas bombas se habían deteriorado y otras no. Una bomba bien cuidada era guardada bajo llave a ciertas horas; otra era usada por la familia de un funcionario local; otras más, bien conservadas, estaban situadas en localidades donde sus moradores poseían habilidades mecánicas y realizaban reparaciones improvisadas. Fueron estos detalles los que permitieron elaborar sugerencias para la reorganización del mantenimiento de las bombas.⁶

Al observar lo anterior, el primer pensamiento que nos asalta es que la educación en la ciencia y la tecnología tiende a concentrarse en los principios generales, y no enseña para atender cuestiones específicas, como en el ejemplo visto. No obstante, el aspecto humano de la tecnología (su organización y cultura) no es fácilmente reductible

⁶ Charles Heineman, "Survey of hand-pumps in Vellakovil...", informe no publicado, enero de 1975, citado por Arnold Pacey, *Hand-pump maintenance*, Londres: Intermediate Technology Publications, 1977.

a los principios generales, y el investigador con instinto para los detalles significativos puede aprender mucho más, en ocasiones, que el profesional de enfoque altamente sistemático.

Un segundo punto se refiere a la forma en que el aspecto cultural de la práctica tecnológica es propenso a ocultarse tras los planteamientos prácticos e inmediatos. Más allá del aspecto tangible de las bombas manuales descompuestas, subyace un problema administrativo relacionado con el mantenimiento. Detrás de esto, un problema de voluntad política: el funcionario complacido porque su familia utilizaba para sí una de las bombas. Y detrás de lo anterior, de nueva cuenta, una variedad de planteamientos referentes a los valores culturales relacionados con la higiene, las actitudes frente a la tecnología y la perspectiva de los profesionistas implicados.

La necesidad de exponer las características más evidentes de la práctica tecnológica, para poner al descubierto los valores subyacentes, es igualmente evidente con la nueva tecnología en los países occidentales. Con mucha frecuencia, se muestra preocupación por el deterioro a la salud que un nuevo artefacto puede producir, cuando la preocupación de la gente es por cuestiones menos tangibles, dado que el riesgo a la salud es en parte un asunto técnico que puede ser discutido en forma abierta. Un problema relativamente menor que afecta la salud, puede entonces convertirse en un intermediario, para desfogar inquietudes profundas en torno a la forma en que se practica la tecnología, las cuales son más difíciles de someter a debate.

Un ejemplo de lo anterior es el supuesto riesgo a la salud en relación con las unidades de despliegue visual (UDV) de las instalaciones de computadoras. Al respecto, las investigaciones más rigurosas no han encontrado peligro real alguno, excepto por la fatiga y la tensión que sufren los operadores. Pero las quejas referentes a los problemas más serios persisten, debido quizás a que pueden ser discutidos formalmente con los patrones, en tanto que las dudas y las ansiedades sobre los sistemas en con-

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

nuales. La gente de estas localidades probablemente exageró sus expectativas respecto a las bombas como productos de una tecnología extraña y todopoderosa, por lo cual no las consideró como artefactos vulnerables que precisaban de cuidado en el uso y de protección contra daños; esta gente, además, tenía sus propias nociones de higiene y de empleo del agua.

Muchos profesionales de la tecnología son muy conscientes de que los problemas que enfrentan tienen implicaciones sociales, pero no saben con certeza la forma de manejarlos. Considerar únicamente los detalles técnicos y dejar de lado otros aspectos, es la opción más cómoda y, después de todo, la manera en que fueron educados. En el problema de las bombas manuales se dio un paso importante hacia adelante, cuando un integrante del personal de una de las unidades locales de desarrollo del agua se puso a revisar los reportes individuales de las descomposturas de las bombas. Resultó de relativa facilidad para él, pasar de la revisión técnica de los componentes averiados a la observación del contexto social de cada bomba. Le sorprendió la forma en que algunas bombas se habían deteriorado y otras no. Una bomba bien cuidada era guardada bajo llave a ciertas horas; otra era usada por la familia de un funcionario local; otras más, bien conservadas, estaban situadas en localidades donde sus moradores poseían habilidades mecánicas y realizaban reparaciones improvisadas. Fueron estos detalles los que permitieron elaborar sugerencias para la reorganización del mantenimiento de las bombas.⁶

Al observar lo anterior, el primer pensamiento que nos asalta es que la educación en la ciencia y la tecnología tiende a concentrarse en los principios generales, y no enseña para atender cuestiones específicas, como en el ejemplo visto. No obstante, el aspecto humano de la tecnología (su organización y cultura) no es fácilmente reductible

⁶ Charles Heineman, "Survey of hand-pumps in Vellakovil...", informe no publicado, enero de 1975, citado por Arnold Pacey, *Hand-pump maintenance*, Londres: Intermediate Technology Publications, 1977.

LA TECNOLOGÍA: PRÁCTICA Y CULTURA

a los principios generales, y el investigador con instinto para los detalles significativos puede aprender mucho más, en ocasiones, que el profesional de enfoque altamente sistemático.

Un segundo punto se refiere a la forma en que el aspecto cultural de la práctica tecnológica es propenso a ocultarse tras los planteamientos prácticos e inmediatos. Más allá del aspecto tangible de las bombas manuales descompuestas, subyace un problema administrativo relacionado con el mantenimiento. Detrás de esto, un problema de voluntad política: el funcionario complacido porque su familia utilizaba para sí una de las bombas. Y detrás de lo anterior, de nueva cuenta, una variedad de planteamientos referentes a los valores culturales relacionados con la higiene, las actitudes frente a la tecnología y la perspectiva de los profesionistas implicados.

La necesidad de exponer las características más evidentes de la práctica tecnológica, para poner al descubierto los valores subyacentes, es igualmente evidente con la nueva tecnología en los países occidentales. Con mucha frecuencia, se muestra preocupación por el deterioro a la salud que un nuevo artefacto puede producir, cuando la preocupación de la gente es por cuestiones menos tangibles, dado que el riesgo a la salud es en parte un asunto técnico que puede ser discutido en forma abierta. Un problema relativamente menor que afecta la salud, puede entonces convertirse en un intermediario, para desfogar inquietudes profundas en torno a la forma en que se practica la tecnología, las cuales son más difíciles de someter a debate.

Un ejemplo de lo anterior es el supuesto riesgo a la salud en relación con las unidades de despliegue visual (udv) de las instalaciones de computadoras. Al respecto, las investigaciones más rigurosas no han encontrado peligro real alguno, excepto por la fatiga y la tensión que sufren los operadores. Pero las quejas referentes a los problemas más serios persisten, debido quizás a que pueden ser discutidos formalmente con los patronos, en tanto que las dudas y las ansiedades sobre los sistemas en con-

junto son difíciles de plantear. Por ello, el rechazo a los nuevos equipos puede expresarse en términos de temor a la "ceguera, la esterilidad, etc.", debido a que esto es considerado en nuestra sociedad como una razón legítima para hacerlo. Considerar estos temores con superficialidad llevará, sin embargo, a ignorar a menudo ansiedades inefables relativas a la "falta de habilidad, la incapacidad para manejar nuevos procedimientos, la pérdida del control sobre el trabajo".⁷

De este modo, tenemos otro ejemplo en el que debajo de la dificultad técnica visible existen planteamientos en torno al aspecto organizativo de la tecnología, en especial a la organización de tareas específicas. Estos planteamientos tienen connotaciones políticas, en tanto que un problema referente al control sobre el trabajo suscita dudas en torno al lugar donde reside el poder en el trabajo y tal vez, en última instancia, al interior de la sociedad industrial. Más allá de estos argumentos, subyacen valores sobre la creatividad en el trabajo y la relación entre la tecnología y las necesidades humanas.

En forma similar a la preocupación sobre los riesgos a la salud, que ocasionalmente oculta problemas referentes al lugar del trabajo, los problemas ampliamente difundidos sobre el ambiente pueden ocultar cuestiones políticas y organizativas de fondo. C. S. Lewis comentó en una ocasión que "el poder del hombre sobre la naturaleza resulta ser con frecuencia el poder ejercido por algunos hombres sobre otros con la naturaleza como su instrumento"; y otro autor observaba que esto "y no el dilema del ambiente, como generalmente se le concibe", es el planteamiento central para la tecnología.⁸ Este es un problema cuyas ramificaciones políticas y sociales han sido analizadas por un amplio grupo de autores.⁹

⁷ Leela Damodaran, "Health hazards of VDUs? Chairman's introduction", conferencia en la Loughborough University of Technology, 11 de diciembre de 1980.

⁸ Citado por Peter Hartley, "Educating engineers", *The Ecologist*, 10 (10), diciembre de 1980, p. 353.

⁹ Verbigracia, David Elliott y Ruth Elliott, *The Control of Technology*, Londres y Winchester: Wykeham, 1976.

Incluso, este nivel de argumentación esencialmente político, puede revelar otro aspecto cultural de la tecnología. Si consideramos los argumentos presentados a favor de casi cualquier proyecto de gran envergadura (una planta de energía nuclear, por ejemplo), detrás de los argumentos sobre costos y beneficios tangibles, existen, por lo general, planteamientos relacionados con el poder político. En un proyecto nuclear, esto puede atribuirse al poder de la administración sobre los sindicatos en relación a las utilidades generadas o al prestigio de los gobiernos y al poder de sus asesores técnicos. No obstante, quienes operan estos niveles de poder son capaces de hacerlo en parte debido a que pueden explotar valores más profundos relacionados con el llamado imperativo tecnológico y con la creatividad básica que hace posible la innovación. Como sostengo que esta es una parte central de la cultura de la tecnología, su análisis ocupa varios capítulos de la presente obra. Si se comprenden estos valores subyacentes al imperativo tecnológico, podremos observar la existencia de una corriente de sensibilidad que los políticos pueden manipular ocasionalmente, pero que es más fuerte que sus propósitos de corto plazo y que, con frecuencia, escapa a su control.

SEGUNDA UNIDAD:

Revoluciones industriales y tecnología.
Sus efectos económicos, políticos y so-
ciales.

PRIMERA PARTE

SAMUEL LILLEY,

"El Progreso Tecnológico y la
Revolución Industrial, 1700-1914"

LA TECNOLOGÍA ANTES DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Para quien estudia la historia económica y social, la Revolución industrial de los siglos XVIII y XIX se caracteriza por multitud de hechos nuevos: transición más o menos rápida de la producción casera o en pequeños talleres a la producción en fábricas y el paso de la *manufatura* en sentido literal a la *maquinofactura*; desarrollo espectacular del modelo capitalista de organización industrial y crecimiento —por primera vez a gran escala— de un proletariado que no poseía nada más que su fuerza de trabajo; desarrollo de mercados nacionales e internacionales de los productos corrientes más que de los de lujo; el haberse llegado en pocas décadas a una etapa en la que la expansión de una economía industrial podía continuar indefinidamente mediante la reinversión de los beneficios obtenidos como capitalización, etc.

En la historia tecnológica, también la primera impresión es de novedad: irrupción de inventos revolucionarios que transforman totalmente la escena tecnológica. Pero un examen más detenido nos lleva a dar mayor énfasis a la continuidad que a la novedad. El aspecto tecnológico de la Revolución industrial (o por lo menos de sus primeras fases) debe considerarse más bien como una aceleración —una *enorme* aceleración, sin duda— de un proceso que se había iniciado en la Edad Media.

Ha habido, en la historia de la humanidad, dos grandes revoluciones tecnológicas.¹ La primera se inició con el advenimiento de la agricultura unos 8.000 años antes de Cristo, y nos proporcionó todas las técnicas agrícolas básicas, incluidas las de regadío. Se creó la industria textil, cerámica y metalúrgica, además de las técnicas de fermentación tanto para la elaboración del pan como de la cerveza. Contribuyeron a su transporte la navegación a vela y los carros de ruedas, así como la utilización de arcos para los animales de tiro y de labor. Ello supuso el desarrollo de una especialización lo suficientemente amplia como para abarcar la complejidad de la minería y de la industria metalúrgica, así como una organización del trabajo que pudiera dar como resultado la construcción de las pirámides. Ello llevó a la humanidad del estado salvaje al civilizado.

Pero hacia el año 2500 antes de Cristo el progreso tecnológico casi tocó su fondo y durante los tres mil años siguientes los adelantos más bien fueron pequeños. La industria del hierro, que se había iniciado hacia el año 1400 antes de Cristo, fue de capital importancia. Los griegos efectuaron algunas pequeñas experiencias sobre la fuerza animal aplicada a las máquinas. Poco antes de la era cristiana se descubrió la rueda hidráulica, aunque se utilizó solamente en los molinos de trigo, e incluso en este caso su uso fue muy limitado. Unos pocos artilugios más —como los engranajes, las tuercas y las levas— datan del período clásico. Pero si los comparamos con la revolución que les precedió, estos tres milenios suponen un estancamiento tecnológico.

Hasta principios de la Edad Media los hombres no empezaron a encontrar una salida a este *impasse*.² A partir del siglo vi se generalizaron rápidamente en Europa occidental los molinos de trigo movidos por agua. Desde el siglo xi la fuerza hidráulica se aplicó a la serie, siempre creciente, de procesos industriales, sobre todo para abatanar los tejidos; con ella se movían los martinets de las forjas y las fraguas de los herreros, las serrerías y las muelas, se efectuaba la trituración de los minerales y los glastos, se cascaban los curtidos y otros materiales, se molturaban los colorantes, se realizaba la elevación de aguas y el regadío, se fabricaba la pasta de papel y se movían los tornos. A mediados del siglo xiv, la fuerza hidráulica podía, en principio, aplicarse a casi todas las máquinas, si el volumen de trabajo lo requería. El molino de viento apareció a finales del siglo xii y



FACULTAD DE INGENIERIA

se le utilizó también como fuerza industrial, aunque en menor proporción que el de agua.

Los viejos arcos, utilizados primero para los bueyes, no eran adecuados para los caballos, pues suponían una pérdida de dos tercios de la fuerza como mínimo. Aun así, se siguieron utilizando sin cambios hasta la aparición de los modernos aparejos entre los siglos ix y xii. Al mismo tiempo se empezaron a emplear las herraduras y los tiros de dos animales, con lo cual el caballo llegó a ser por fin una fuerza útil, aplicable a la agricultura y al transporte e incluso como otra fuerza motriz de la industria. La dirección de barcos por medio de un remo, poco efectiva y que había permanecido inalterada en principio desde los tiempos prehistóricos, fue sustituida en el siglo xiii por el moderno timón de codaste. El mayor control resultante permitió una rápida evolución en el aparejo de los navíos, hasta llegar al equipamiento completo de los barcos del siglo xv. Otras contribuciones medievales al transporte las constituyeron el uso de la brújula (siglo xii) y la utilización de canales con esclusas (siglo xiv).

La rueca de hilar a mano llegó en el siglo xiii y supuso el primer adelanto sobre el uso de colgadura libre que había aparecido casi nueve mil años antes; es un ejemplo típico de cómo la Edad Media tomó cosas que eran poco más que herramientas en el mundo antiguo y las convirtió en auténticas máquinas. El ligero telar antiguo fue transformado, con unos mínimos cambios mecánicos, en una máquina inserta en un armazón sólido y equipado con rodillos, un peine suspendido, un mecanismo para la formación de la calada accionado por pedales y otros artilugios.

La metalurgia, como hemos dicho antes, llegó a utilizar la fuerza hidráulica. Otro ejemplo fue la trefilación de metales impulsada por agua desde mediados del siglo xiv. Las instalaciones fabriles crecieron enormemente. Y como mero resultado del aumento en el volumen de producción, en el siglo xiii se produjo hierro fundido,³ aunque su uso no se generalizó hasta el siglo xv.

El desarrollo de los relojes mecánicos implica un nivel más alto de sofisticación (siglo xiv) así como en la imprenta (cambios de clave a mediados del siglo xv). En el transcurso de todos estos procesos, el hombre medieval llegó a comprender la utilidad de muchos de estos ingenios clásicos como la manivela, la barra de conexión, los pedales,

la cuerda o correa conductora, a los que se añadirá, en los siglos xv y xvi, gran variedad de mecanismos para conectar un movimiento mecánico a otro.

Esta gran afluencia de inventos alcanzó su punto culminante en el siglo xiii, pero aproximadamente a partir de 1350 experimentó un pequeño descenso. El tamaño de la maquinaria pesada de acción mecánica empleada en la minería y en la metalurgia aumentó rápidamente durante los siglos xv y xvi. La tecnología textil, que tan importante iba a resultar en la Revolución industrial, se benefició de varios hallazgos cruciales: en el siglo xv se añadieron aletas al huso,⁴ el tejido de género de punto o confección de medias a máquina (1589), los telares para cintas (principios del siglo xvii) y los talleres de cardado para levantar la lanilla (mediados del siglo xvi).

A pesar de algunos titubeos ocasionales, esta segunda revolución tecnológica ha ido progresando continuamente desde principios de la Edad Media hasta nuestros días y aún sigue haciéndolo. Los cambios tecnológicos producidos durante la Revolución industrial deben considerarse como una fase —crucial e importante, pero sólo una fase— de esta evolución a largo plazo.

Los primeros estadios de la Revolución industrial —aproximadamente hasta 1800— se basaban principalmente en el uso de técnicas medievales y de su aprovechamiento hasta donde era posible. Por ejemplo: a pesar de que la creciente aplicación de la fuerza motriz es una de las tendencias características de esta época, es totalmente falso pensar que se produjo principalmente por la aplicación del vapor. Las hilanderías de algodón, que fueron las primeras en transformarse de casas de campo en factorías, eran movidas por ruedas accionadas por agua; la mayoría eran mucho más pequeñas que las descritas por Agrícola en 1556, de 36 pies de diámetro. Las primeras hilanderías tenían ya una generación cuando el vapor cobró importancia en la escena.⁵ La expansión tan lenta y larga de la industria del hierro se basó asimismo en el uso de cantidades siempre crecientes de energía hidráulica —a pesar de que la máquina de Watt para proporcionar aire (1776) y para accionar los martinets de la forja (1783) se produjo en el momento justo. Basta con echar una ojeada sobre Inglaterra bajo la perspectiva de un “arqueólogo industrial” para observar que hasta después de 1800 los nuevos proyectos de

casi toda la industria adoptaron normalmente el agua⁶ más que el vapor para accionar la maquinaria. La primera fase de la Revolución industrial se basó casi totalmente en las fuentes de energía utilizadas en la Edad Media.

El sistema de transporte, que tuvo que hacer frente al traslado de cantidades siempre mayores de materias primas y de productos acabados, se basaba también en su totalidad en versiones perfeccionadas de técnicas medievales utilizadas a mayor escala. Las exportaciones e importaciones se realizaban mediante embarcaciones que, en principio, eran idénticas a las que habían desarrollado en los dos siglos siguientes a la introducción del timón de codaste. Es cierto que durante los siglos xvi y xvii se habían realizado muchos cambios en cuanto al tamaño y perfeccionamiento del diseño de las naves. En 1705 se introdujo el timón de rueda, pero no deja de ser bastante sorprendente que no se produjera ningún progreso importante en el siglo xviii.⁷ Por el interior del país, los productos se transportaban en carruajes cuya eficacia se basaba en el perfeccionamiento de los arneses realizado en la Edad Media (si bien se había perfeccionado sensiblemente el sistema viario) o mediante canales que podían salvar las colinas y llegar a casi todos los destinos gracias al descubrimiento del sistema de esclusas en el siglo xiv. Sólo cuando estas técnicas ya existentes se hubieron llevado hasta el límite, conoció el siglo xix el desarrollo del ferrocarril y de los barcos a vapor.

El hierro fundido fue el último elemento importante a añadir a la lista de materiales disponibles para la técnica antes de la llegada del acero barato en la década de 1850.⁸ A pesar del enorme incremento de la demanda en el siglo xviii y principios del xix, se contentaron con desarrollar algunos métodos para aprovechar los materiales ya existentes —especialmente el hierro— a mayor escala. Algo parecido podría decirse de otras esferas. Por el contrario, *no* sería posible considerar la tecnología medieval fundamentalmente como una continuación de las tendencias iniciadas en el período clásico. La ruptura real de la continuidad tecnológica no se produjo en el siglo xviii sino en los albores de la Edad Media.

EL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LOS INICIOS
DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Considerando, pues, que la mayor parte de la tecnología del siglo XVIII es una culminación de la evolución medieval más que un nuevo punto de partida, vamos a examinar ahora algunos de los campos en los que se produjeron mayores cambios. Evidentemente, debemos empezar por el algodón, la primera industria que puso en evidencia la posibilidad de un crecimiento a un ritmo totalmente desconocido hasta entonces. La producción de la industria algodonera en Inglaterra se multiplicó por diez entre 1760 y 1785, y de nuevo más de diez veces entre 1785 y 1827.⁹

No deja de ser bastante curioso que los inventos más originales que contribuyeron a dicho progreso se hubieran realizado mucho antes de iniciarse esta expansión y, naturalmente, orientados a la industria lanera, mucho más importante por aquel entonces. Dichos inventos fueron la lanzadera volante de Kay (1733), que aproximadamente doblaba el rendimiento de la tejedora, y el uso de rodillos de Lewis Paul para estirar las hebras como parte de una fuerza que activaba la máquina de hilar (patentada en 1738; en servicio, accionada por dos asnos, en 1741 e impulsada por agua en 1743). Ninguno de los dos tuvo un efecto muy inmediato, pero la generalización del uso de la lanzadera volante en Lancashire en las décadas de 1750 y 1760 —cuando el mercado estaba experimentando una vigorosa expansión— llevó a una escasez de hilado.¹⁰ Como consecuencia lógica, se idearon una serie de inventos para acrecentar la productividad del torno manual empleado ordinariamente en el hilado casero. Pero éstos eran meros preludios de las máquinas de Hargreaves, Arkwright y Crompton, que iban a revolucionar la industria.

La *spinning jenny* de Hargreaves, acabada en 1768, simplemente imitaba los movimientos de un hilador que utilizara la rueca en su forma primitiva (sin aletas)¹¹ conjugándose de forma tal que permitiera a un solo operario hacer funcionar varias púas (hasta cien, más o menos). Pero no era adaptable a la acción mecánica. Por otra parte, la *water frame* o “telar continuo” de Arkwright (1769) estaba concebida específicamente para trabajar mediante la fuerza hidráulica

o animal. Empleaba rodillos (parecidos a los de Paul, pero quizá reinventados independientemente) para estirar las hebras. Pero en cierto modo, era en esencia el torno manual utilizado a finales de la Edad Media (esta vez con aletas), que podía accionarse mecánicamente. Al principio empleó incluso la forma tradicional de colocar las agujas en el huso y permitir al hilador distribuir el hilo por igual sobre la bobina.¹² Se ponía de manifiesto, pues, hasta qué punto Arkwright estuvo imitando su modelo.

Aparte de los rodillos de Arkwright, ambas máquinas estaban totalmente constituidas por los elementos que integraban el antiguo torno de hilar a mano. Tuvo que conseguirse aún mayor coordinación en el movimiento de las diversas partes, pero todo lo necesario para conjugar los dispositivos se había desarrollado mucho antes de finalizar el siglo XVI y sería familiar a cualquiera que se interesase en la maquinaria. Lo mismo podría decirse, en gran parte, acerca de la *mule jenny* de Crompton (terminada en 1779), en la cual se combinaban elementos de las dos anteriores, a pesar de que su funcionamiento era ya algo más complicado. Como la *jenny*, se trataba simplemente de un dispositivo capaz de multiplicar el número de púas que podían ser accionadas por un hilador experto, el cual debía intervenir varias veces en el complicado proceso; al principio no era adecuada para accionarse mecánicamente.

Desde 1790 se hicieron varios intentos para adaptar la *mule* a la acción mecánica. En 1800 se había convertido en una máquina de manufacturar accionada mecánicamente, aunque se requerían todavía los servicios de un operario experimentado para controlarla. Entre 1825 y 1830 Richard Roberts desarrolló la *mule* totalmente automática. Se trataba de una máquina de acción mecánica automatizada, que ya no requería la atención de un experto. Durante estas últimas fases, la *mule* había ido evolucionando de forma mucho más complicada, y no deja de ser significativo que su versión final no fuese obra de un carpintero-tejedor (Hargreaves) o de un barbero y comerciante en pelo (Arkwright) o de un granjero-tejedor (Crompton) —todos ellos autodidactas en las artes mecánicas—, sino de un constructor de máquinas que había trabajado para el rey de la mecánica: Henry Maudslay; él mismo era inventor de un nuevo torno perfeccionado y de una cepilladora.

Mientras que la productividad de la industria de las hilaturas creció en una proporción de más de cien a uno, fueron los tejidos los que ahora se hallaban en un atolladero. La respuesta lógica era la implantación del telar mecánico. Pero, puesto que el telar manual era una máquina mucho más complicada que el torno, resultaba mucho más difícil crear un telar mecánico eficaz que idear una *jenny* o una *water frame*. En este sentido, la máquina de Cartwright (1787) no debía considerarse más que como el intrépido esfuerzo de un pionero. Obtener un telar mecánico lo bastante rentable y seguro en su funcionamiento, capaz de sustituir al tejedor manual en lo que casi se había convertido en una posición privilegiada, supuso el trabajo de más de una generación de hombres activos y expertos. Es bastante significativo que el modelo que finalmente se abrió paso fuese creado por Roberts hacia 1822, el mismo especialista en la construcción de máquinas que había ideado la selfactina.¹³ Sin embargo, incluso entonces, y durante muchos años, el telar mecánico era solamente adecuado para los tejidos gruesos.

Huelga decir que el paso de la industria algodonera de las casas a las fábricas dependió de la efectiva mecanización de muchos procesos auxiliares: cardado, estirado e hilado en sus fases iniciales, y varios procesos de acabado en sus fases finales. Un estudio detallado de los mismos arrojaría un poco más de luz sobre las condiciones en que tuvo lugar la expansión algodonera.

En resumen, podemos decir que, aparte de la auténtica innovación del estirado mediante rodillos, las modificaciones en el tejido del algodón hasta 1800 aproximadamente, fueron en esencia cuestión de acoplar en nuevas combinaciones las partes del torno de hilar a mano, que había sido algo familiar durante siglos. Éstos fueron inventos "fáciles", en el sentido de que no requerían un aprendizaje o una cualificación especial. Cualquier persona inteligente, con bastante entusiasmo y visión comercial, podía llevarlos a la práctica. Todo lo que se requería era casi simplemente "quererlo hacer" y suficiente voluntad para ello. (En el último estadio —el del telar mecánico y la selfactina— las dificultades técnicas fueron mucho más serias. Pero por entonces la industria, resultado de la fertilización cruzada de diversas ramas de la ingeniería, había ya creado un nuevo tipo de experto en la construcción de máquinas.)

No es ésta una historia que haga referencia a sofisticados inventos que tuvieran que abrirse paso salvando barreras tecnológicas cruciales y *creando*, al propio tiempo, las condiciones para su expansión. Hallazgos técnicamente tan simples sólo pueden ser la *respuesta* a condiciones sociales y económicas que ofrecían grandes oportunidades para el progreso mediante el esfuerzo personal y la adopción de innovaciones. Las estadísticas de dicha expansión refuerzan este punto de vista. Como puede verse en la figura 1, la historia del algodón en el siglo XVIII comprende tres períodos distintos, en cada uno de los cuales se incrementó la producción a un ritmo notablemente constante. Desde la primera década del siglo hasta la de los cuarenta, el índice de crecimiento fue aproximadamente del 1,4 por ciento anual.¹⁴ Luego pasó repentinamente al 2,8 por ciento anual, índice que se mantuvo hasta la década de los setenta. En el tercer período, que comprende desde 1770 hasta principios del siglo XIX, el índice anual saltó hasta alcanzar el 8,5 por ciento. Los inventos cruciales de Hargreaves, Arkwright y Crompton siguieron dos o tres décadas *después* de la primera aceleración en el índice de crecimiento de la industria, y puede deducirse razonablemente que fueron consecuencia de los nuevos incentivos y oportunidades creados por una expansión más rápida.¹⁵

No fueron sólo los inventos los que iniciaron la explosiva expansión del algodón. Pero, como puede apreciarse perfectamente en el tercer sector de la figura, una vez éstos hubieron tenido lugar, el índice de expansión pudo alcanzar cotas que habían sido absolutamente imposibles anteriormente. El incremento de la producción —cien veces superior entre 1760 y 1827— no habría podido alcanzarse mediante un incremento cien veces superior de la fuerza de trabajo, sino tan sólo mediante el aumento de la producción que proporcionó la maquinaria textil y más tarde los telares mecánicos. La mejor calidad, así como el descenso de precios de los hilados provocado por las nuevas máquinas, permitieron que el algodón sustituyera al lino y a la seda en muchos usos y que el algodón inglés suplantara a sus competidores prácticamente en todos los mercados donde las ventas pudieron incrementarse también cien veces más.

Ninguna industria experimentó el súbito desarrollo de la algodonera. Pero en dos casos —el hierro y la fuerza del vapor— una evolu-

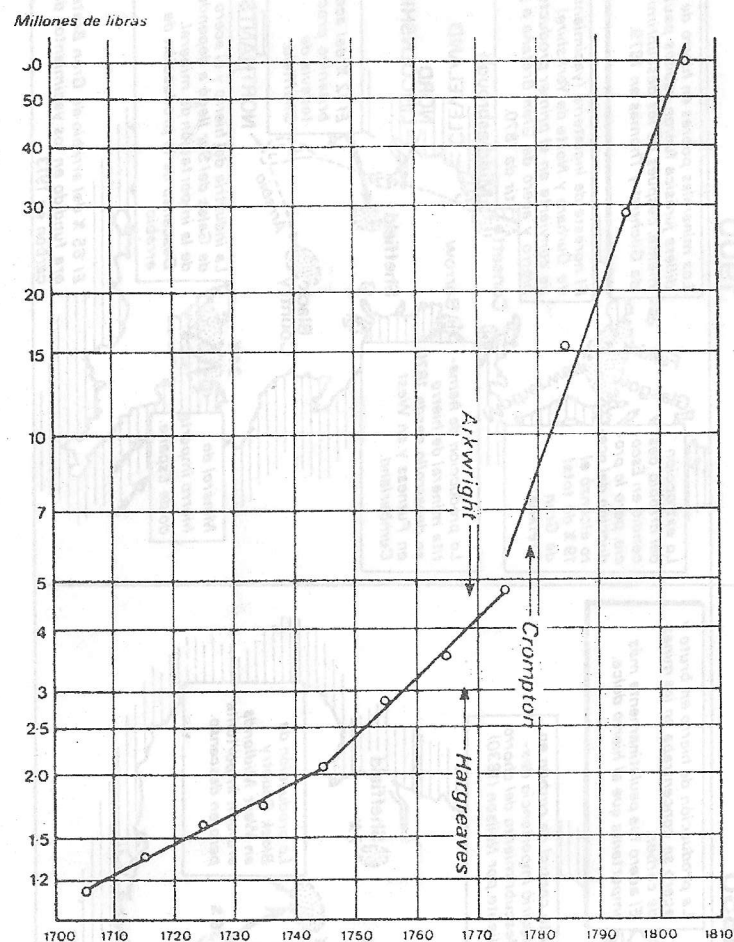


FIG. 1. — Crecimiento de la producción de algodón en Gran Bretaña durante el siglo XVIII. Cada punto indica el promedio de importaciones no reexportadas de algodón en rama (en millones de libras, a escala logarítmica) en cada década (1700-1709, 1710-1719, etc.). Las líneas rectas indican las tendencias generales, establecidas mediante métodos estadísticos.

ción larga, lenta y vacilante a lo largo del siglo y posteriormente, provocó cambios que a largo plazo serían quizá más significativos. Durante los dos últimos tercios del siglo XVII y el primero del XVIII la industria inglesa del hierro había experimentado un lento descenso. De haber continuado dicha tendencia, habría sido poco probable que la Revolución industrial hubiese ido más allá del primer arranque del algodón. El problema no estribaba en una demanda insuficiente; el consumo de hierro en Gran Bretaña era alto comparado con otros países, y con fuerte tendencia a subir; pero su abastecimiento dependía de importaciones más elevadas, principalmente de Suecia. De hecho, la industria iba agonizando lentamente por la creciente escasez de madera.¹⁶ Las existencias disponibles, nunca muy abundantes en Gran Bretaña, resultaron cada vez más insuficientes para hacer frente a la expansión demográfica y al desarrollo industrial.

En principio, a partir del siglo XVII se había comprendido cuál era el camino para salir del atolladero: sustituir la madera por carbón. Pero las dificultades técnicas eran enormes. La idea de utilizar el carbón de cok¹⁷ —obtenido a partir del carbón mineral de modo parecido a como el carbón vegetal se obtiene de la leña— era quizás algo totalmente obvio. Pero la dificultad de escoger menas y carbones apropiados, de establecer las proporciones correctas de materiales, etc., sólo pudo solucionarse mediante laboriosas pruebas y errores. En 1709 Abraham Darby obtuvo hierro fundido mediante la utilización de carbón de cok en Coalbrookdale (Shropshire), pero el escaso éxito de los resultados sugiere que debía pasar aproximadamente otra década antes de poder desarrollar un proceso seguro. Al principio se produjo gran cantidad de metal inútil, e incluso el mejor metal obtenido era de baja calidad.

Puesto que Darby era un fundidor,¹⁸ la fundición del cok tenía notorias ventajas para esta rama de la industria —en contraste con la por entonces más importante conversión del arrabio en hierro dulce—. Producía un metal más líquido, que permitía hacer fundiciones más depuradas y más adelante en cantidades mayores. Así, pues, la firma Darby prosperó primero por la fabricación de pequeños artículos, como ventrudos calderones de tres pies, parrillas para el fuego, planchas, manos y morteros y cosas parecidas —todas ellas de calidad superior a las que podían producir los hornos de carbón ve-

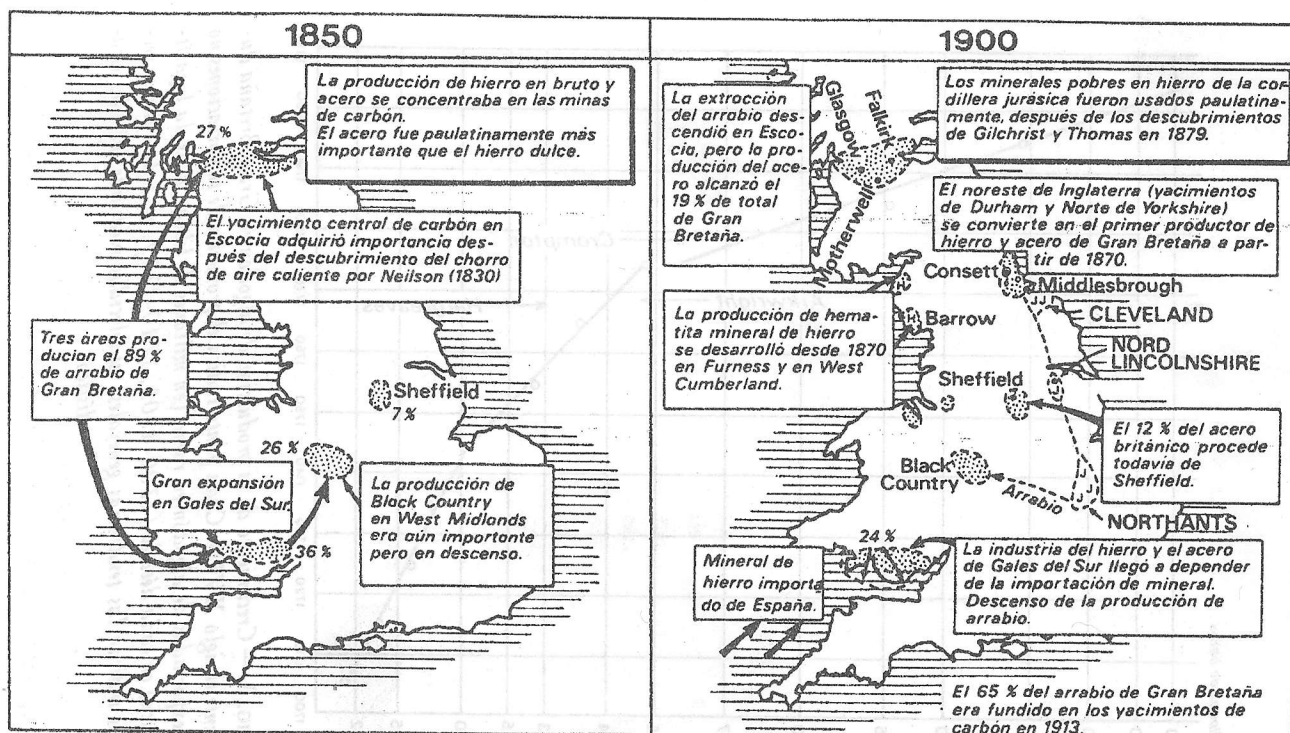
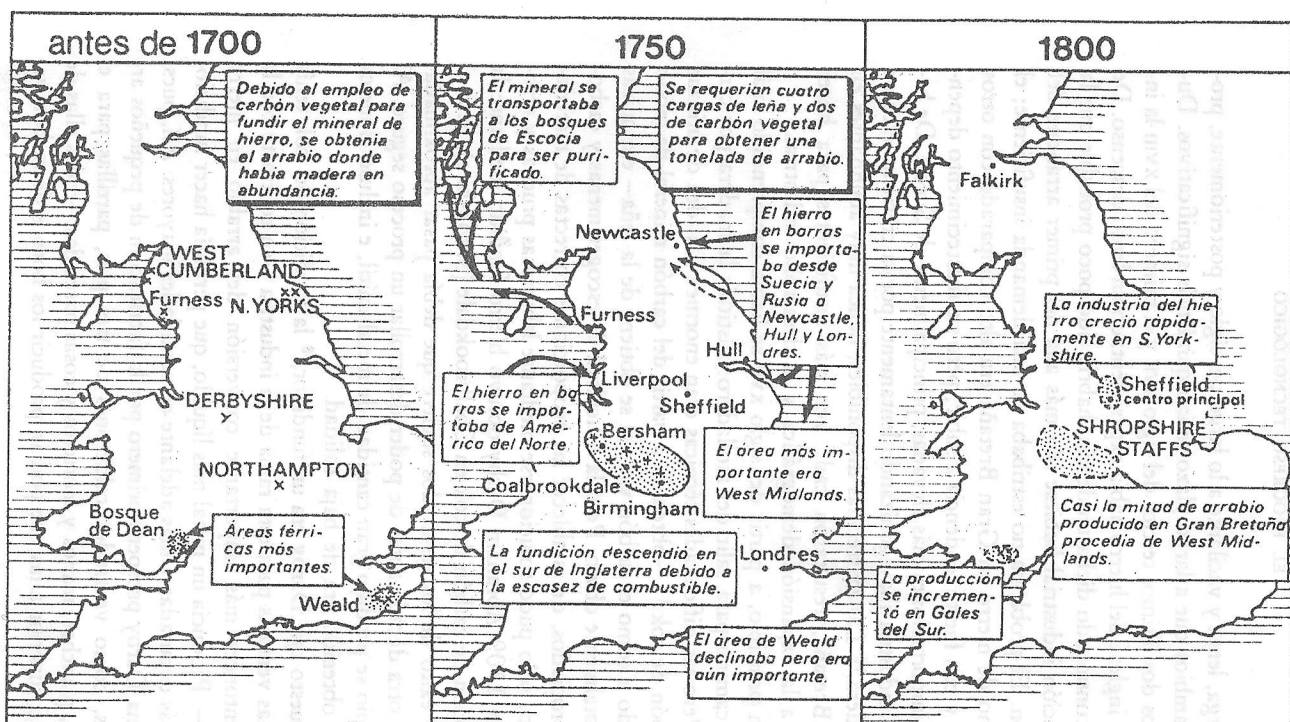


FIG. 2. — Cambios de ubicación de la industria del hierro y del acero.
(Según J. L. Gayler et al., *A sketch-map Economic History of Britain*, 3.^a ed., Harrap, 1965.)

getal— y más tarde por la producción de fundiciones mucho más grandes para abastecer la maquinaria, mayor y más perfeccionada, que estaba requiriendo la industria en expansión. Al principio se fabricaron, a precios elevados, cilindros de bronce para las máquinas de vapor de Newcomen. Pero la casa Darby demostró en 1722 que podía fundir con éxito incluso estas piezas tan grandes. Éste fue un elemento importante de la industria de dicha firma. En 1763 se logró hacer un cilindro de siete toneladas de peso, 188 cm. de diámetro y 2,92 m. de longitud. De hecho, hacia mediados de siglo, la fundición de hierro fue sustituyendo rápidamente a la madera en muchas obras de ingeniería: Smeaton lo utilizó en 1754 para el eje principal de un molino de viento; pronto empezaría a utilizarse en ruedas dentadas, ejes de ruedas hidráulicas y otros empleos parecidos. Abraham Darby III demostró sus posibilidades estructurales en la construcción del puente de hierro sobre el río Severn (1779); los nervios principales del arco tenían una longitud de 19,5 m.

Estos últimos éxitos fueron posibles en gran manera por la práctica de refundir el hierro en un segundo horno en lugar de hacerlo directamente —lo cual mejoraba considerablemente su calidad— y mediante el perfeccionamiento de los medios de abastecimiento de aire caliente a los altos hornos. Hacia 1760 Smeaton sustituyó los tradicionales fuelles por cilindros de hierro fundido. En 1776 Wilkinson instaló uno de los primeros aparatos de Watt para inyectar aire en un horno. No obstante, a pesar de todo ello la industria evolucionó muy lentamente. En 1760 había sólo 17 altos hornos en Gran Bretaña que empleaban el cok para la fundición y en 1775 esta cifra se había elevado sólo a 31 hornos.

El hecho es que la producción de *fundidos* —en los que se utilizaba con gran éxito el nuevo proceso— era de momento mucho menos importante que la conversión del arrabio en hierro dulce, cuya maleabilidad y resistencia a tensión lo convirtieron en el rey de los metales útiles hasta el descubrimiento del acero barato. La calidad del hierro fundido al cok lo hacía al principio inadecuado para su reconversión en hierro dulce. Pero hacia 1750 Abraham Darby II inició la producción de un metal mucho más apto para dicha conversión. Sin embargo, en un principio los maestros de forja¹⁹ parecen haberse mostrado sin motivo alguno reacios a utilizar el nuevo mate-

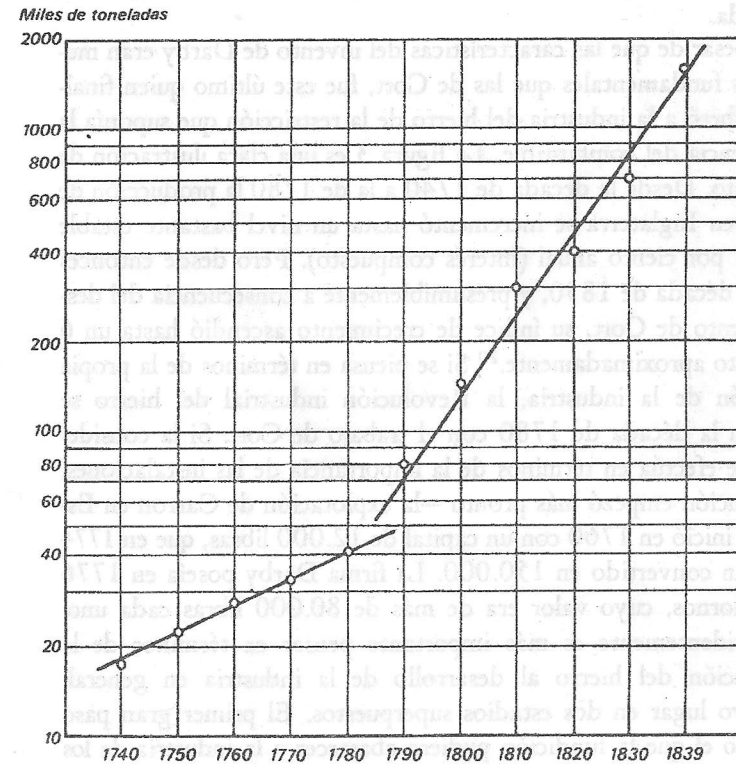


FIG. 3. — Expansión de la producción de arrabio (miles de toneladas, a escala logarítmica) en Inglaterra, 1740-1839.

(A History of Technology, ed. Singer, vol. IV, O. U. P.).

rial. El arranque se produjo al perfeccionar Henry Cort su proceso de pudelaje en 1784 para convertir el arrabio en hierro dulce en un horno de reverbero. Además de sustituir el carbón por madera en este segundo estadio de la producción, el proceso de Cort era más eficaz que los anteriores. Ello, junto con cierto acuerdo para aceptar una calidad ligeramente más baja a cambio de una fuerte reducción del precio, desembocó en la rápida adopción del cok fundido en bruto como materia prima para convertirla en hierro dulce. En 1790 había en Inglaterra 81 hornos que empleaban cok para la combustión, frente a 25 que utilizaban carbón vegetal. El cok había ganado la partida.

A pesar de que las características del invento de Darby eran mucho más fundamentales que las de Cort, fue este último quien finalmente liberó a la industria del hierro de la restricción que suponía la dependencia del combustible. La figura 3 es una clara ilustración de este punto. Desde la década de 1740 a la de 1780 la producción de arrabio en Inglaterra se incrementó hasta un nivel bastante estable de un 2 por ciento anual (interés compuesto). Pero desde entonces hasta la década de 1830, y presumiblemente a consecuencia del descubrimiento de Cort, su índice de crecimiento ascendió hasta un 6 por ciento aproximadamente.²⁰ Si se piensa en términos de la propia expansión de la industria, la Revolución industrial del hierro se inició en la década de 1780 con el trabajo de Cort. Si la consideración se efectúa en términos de la importancia de las instalaciones, la revolución empezó más pronto —la explotación de Carron en Escocia se inició en 1760 con un capital de 12.000 libras, que en 1774 se habían convertido en 150.000. La firma Darby poseía en 1776 varios hornos, cuyo valor era de más de 80.000 libras cada uno. Pero evidentemente es más importante pensar en términos de la contribución del hierro al desarrollo de la industria en general. Ello tuvo lugar en dos estadios superpuestos. El primer gran paso lo supuso el que la fundición pudiera abastecer a la industria de los componentes más importantes de la maquinaria y estructuras. Más tarde, después de los trabajos de Cort, se planteó la posibilidad de utilizar el hierro dulce a una escala mucho mayor. Ello condujo a una reducción de los costos y a la mejora de la calidad de los productos industriales duraderos y contribuyó a estimular la pos-

terior expansión industrial y los descubrimientos que siguieron. Evidentemente, inventos como el ferrocarril hubieran sido impensables de no haber podido disponerse con facilidad de hierro dulce.

Es posible que las generaciones futuras tengan que revisar la opinión hoy aceptada de que el algodón fue el primer factor de la Revolución industrial. Por lo menos es posible que los cambios fundamentales fueran los menos espectaculares entre los que se produjeron en la industria del hierro y otras industrias de bienes de producción, y que el arranque del algodón estuviera más en la línea de un síntoma puesto de manifiesto por un órgano sensitivo concreto. Es posible imaginar una Revolución industrial y una transición hacia un crecimiento sostenido sin la explosiva expansión del algodón, pero sería inconcebible sin la expansión de la industria del hierro.

Ya se ha hecho hincapié anteriormente en que la maquinaria de los inicios de la Revolución industrial era accionada por fuentes naturales de energía heredadas de la revolución de la energía en la Edad Media. El desarrollo de la máquina de vapor se produjo, por decirlo así, con vacilaciones y reluctancias, hasta haberse demostrado que ya no era posible hacer frente a las crecientes necesidades con los medios tradicionales. El primer arranque tuvo lugar con la explotación de las minas de carbón. La gran expansión del uso del carbón mineral en el siglo xvii, tan vivamente documentada por Nef,²¹ condujo a un progresivo ahondamiento de los pozos y, por lo tanto, a un enorme incremento de la energía que se precisaba para bombear el agua y mantenerlos secos. En 1702, una mina de carbón de Warwickshire necesitaba 500 caballos dedicados a esta tarea. Parecidos problemas experimentaban las minas de estaño y plomo. Se estaba llegando al límite de los recursos disponibles.

Fue esta urgente necesidad la que llevó a la primera máquina de vapor (o máquina "atmosférica") comercialmente viable de Newcomen en 1712 o quizás antes. A pesar de alcanzar un gran éxito en las minas de carbón, donde podía disponerse de combustible barato de desecho,²² en otras partes el aparato de Newcomen era muy poco eficaz y demasiado costoso en combustible para ser de gran utilidad.²³

En la década de 1750, la demanda de energía representaba un serio peligro de agotamiento de los recursos disponibles, incluida la

máquina de Newcomen. Sería difícil demostrar directamente la creciente necesidad de energía, pues se situaba de forma dispersa en una amplia zona industrial (la única concentración importante, aparte de las minas, era el conjunto de fundiciones de hierro, cuyas ruedas hidráulicas alcanzaban, a mediados de siglo, más de 11 m de diámetro). Pero estas necesidades energéticas se reflejan claramente en el gran interés que despertó la explotación al máximo de las fuentes naturales de energía. En la década de los cincuenta, Smeaton aplicó a un modelo a escala varias técnicas para perfeccionar el diseño de las ruedas hidráulicas y molinos de viento. Era el principio de una larga serie de adelantos altamente sofisticados en cuanto al diseño y la construcción, que convertiría la rueda hidráulica, hacia 1830, en algo virtualmente perfecto. También los molinos de viento fueron perfeccionados en 1745 con la adición de un mecanismo de abanico, una mayor utilización del hierro fundido en sus elementos móviles, la incorporación de dispositivos para adaptar automáticamente las aspas a la intensidad del viento (1772-1807), y prestando cuidadosa atención a las cuestiones referentes a escala y proporción. Hacia 1770 Smeaton acometió un estudio sistemático que le permitió llegar casi hasta el límite de las posibilidades de la máquina de vapor de Newcomen. Éste suponía, con mucho, la más poderosa fuente natural de energía entonces disponible; en la década de los setenta alcanzaba unos 75 caballos de fuerza. Pero era sólo un aparato de bombeo, todavía inadecuado para accionar la maquinaria. Supone ciertamente un signo de desesperación que la máquina de vapor de Newcomen se utilizase con frecuencia para bombear y abastecer de agua la rueda hidráulica, que era la que accionaba la maquinaria. La casa Darby, por ejemplo, instaló una en 1742 para mover diez ruedas hidráulicas.

Fue en estas condiciones que James Watt se animó a convertir la máquina de Newcomen en una fuente de energía eficaz y adaptable a muchos usos. Naturalmente, empezó perfeccionando los aparatos de bombeo ya existente (en cualquier caso, el drenaje de las minas proporcionaba la única demanda). Examinó en 1763 los problemas fundamentales que presentaba la máquina de vapor de Newcomen y en 1765 concibió la solución: un condensador separado. Por fin, después de haber superado ininidad de problemas prácticos, entregó

las primeras máquinas de vapor a sus clientes en 1776.

Una vez iniciada sin contratiempos la máquina de bombeo, Watt fue persuadido, no sin reticencias por su parte, de centrar su atención en una versión rotativa, capaz de mover la maquinaria. Dicha versión fue patentada en 1781, pero se perfeccionó más adelante.²⁴ Durante las tres décadas siguientes, la máquina de vapor se aplicó a casi toda la industria, pero debía pasar mucho tiempo antes de que fuera total su victoria sobre la fuerza hidráulica.

No disponemos de espacio para seguir la historia posterior de la máquina de vapor. Pero podemos aprender algunas lecciones importantes echando un vistazo a sus aplicaciones en el campo del transporte. La historia del ferrocarril es, en realidad, una historia extraña. Por un lado, sus inicios se sitúan en los toscos ferrocarriles utilizados hacia 1500 en las minas de Alemania y que serían introducidos en las minas de carbón inglesas poco después del año 1600. Se trataba, esencialmente, de dotar a los caballos y carros ordinarios de una mejor superficie de recorrido que la que podía ofrecer un camino. Antes de finalizar el siglo xviii, dichos ferrocarriles se habían convertido en algo corriente en las minas e industrias del hierro de Gran Bretaña. A veces se empleaban sobre todo para cubrir el transporte interior. La fundiciones de hierro de Darby contaban con más de 32 km de vía férrea. Otras veces conectaban las obras con un puerto o canal si la naturaleza del terreno no permitía la construcción de un canal secundario; la industria férrea de Pen-y-Darran, en Glamorganshire, tenía una línea de 15,6 km destinada a este servicio. En 1820 este condado contaba con unos 400 km de este tipo de vías férreas, y el distrito de Newcastle con casi 650.

En un tiempo en que estaba ya quedando superado el sistema de transporte existente hasta entonces, era lógico pensar en la aplicación de la energía del vapor a la tracción. Richard Trevithick, que investigó este problema desde 1797 aproximadamente, construyó con más o menos éxito algunos carruajes de ruedas; más tarde intentó adaptar este aparato a los ferrocarriles de las explotaciones descritas anteriormente. En 1804 presentó en la línea de Pen-y-Darran una locomotora que arrastraba 10 toneladas de mineral y 70 pasajeros a 8 kilómetros por hora. Poco a poco se fue viendo la necesidad de una fuerza superior a los caballos; muchos hombres indagaron este

problema, pero sin lugar a dudas fue George Stephenson quien logró mayores éxitos.

Mientras tanto, estaba tomando pie una idea sociológicamente más moderna: el ferrocarril de servicio público. No obstante, se propuso hacer una línea en la que cada cual podría utilizar sus propios carruajes mediante el pago de un peaje: una mezcla de ferrocarril de explotación y carretera de peaje. Se abrió una línea en 1805, principalmente para transportar piedras y cal desde Merstham (Surrey), pasando por Croydon hasta Wandsworth, a las afueras de Londres. Entre 1800 y 1820 entraron en servicio más de 300 km de este tipo de vía férrea.

Con parecido propósito se proyectó el ferrocarril Stockton-Darlington. El decreto del Parlamento de 1821 prescribió que éste debería funcionar "con hombres y caballos, o de otra forma". La enmienda hecha en 1823 a dicho decreto por recomendación de Stephenson permitía que se utilizaran también locomotoras. Al inaugurarse la línea en septiembre de 1825, la compañía poseía una sola locomotora; en la primavera siguiente eran cuatro. A pesar de ello, la mayor parte del tráfico era llevado en vehículos de los dueños de las minas y por transportistas particulares, todos ellos arrastrados por caballos.²⁵ El tráfico de pasajeros era totalmente transportado en diligencias adaptadas a este uso, e instaladas sobre la vía férrea por las compañías de diligencias. Éstas utilizaban exclusivamente la tracción por medio de caballos. En las líneas de vía única había desvíos a intervalos de un cuarto de milla aproximadamente, pero no disponían de ningún tipo de señalización. Es fácil imaginar la confusión originada por tal volumen de tráfico sin coordinación alguna. Se establecieron acuerdos acerca de quién tenía que retroceder si dos vehículos o trenes se encontraban entre los arrimaderos. Finalmente, la compañía tuvo que hacerse cargo de todos los trabajos, no sin antes haberse beneficiado la línea Liverpool-Manchester de todas estas experiencias.

Hemos traído a colación todos estos detalles para ilustrar de qué manera tan ciega se desarrollaban los primitivos ferrocarriles, cuyos promotores no llegaron a comprender en absoluto qué estaban haciendo. Estaban también muy lejos de apreciar las consecuencias económicas de sus actos. Obtuvieron pingües beneficios, pero no a causa

del tráfico con que ellos habían contado en sus estimaciones. Al principio pensaban sacar los mayores beneficios por el canon del transporte del carbón desde los pozos mineros de la región de Bishop Auckland para su venta en diversos puntos a lo largo del recorrido. No esperaban obtener ganancias por el transporte de carbón hasta el mar para su embarque hacia Londres u otros puntos. Al cabo de pocos años estaban embarcando alrededor de medio millón de toneladas anuales, de las cuales casi una cuarta parte iba destinada al mercado londinense. Cuando en 1830 la línea se extendió cuatro millas a lo largo de la costa para crear un nuevo puerto marítimo de embarque de carbón, había una casa de labranza en aquel terreno. Diez años más tarde vivían allí 6.000 personas: el pueblo de Middlesbrough. Antes de inaugurarse la línea, el tráfico de viajeros entre Stockton y Darlington era de unos 14 o 15 a la semana. Sobre esta base se realizaron unas exiguas previsiones para el transporte de pasajeros. Nadie imaginaba hasta qué punto el transporte de carbones y mercancías originaría su propio tráfico de pasajeros, que enseguida subió hasta 500 o 600 a la semana.²⁶ Naturalmente, era sólo una pequeña parte del total: 2,5 por ciento de la recaudación en 1828, y 7 por ciento en 1835. Pero si por un momento echamos una mirada hacia adelante, los ingresos por el tráfico de pasajeros en la línea Liverpool-Manchester habían sextuplicado las previsiones en 1835 y suponían el 53 por ciento del total de los ingresos.²⁷ Antes de finalizar la década de los treinta, el tráfico de pasajeros se había convertido en la principal fuente de ingresos del ferrocarril.

Los canales, primera tentativa en el siglo XVIII de hallar una salida a los problemas del transporte originados por el crecimiento de las ciudades y la expansión de la industria, estaban resultando ya por este tiempo muy poco adecuados. La reducida cantidad de agua disponible limitó el número de canales que hubieran podido construirse, de manera que los dueños de éstos disfrutaron de un monopolio impuesto más por la ley natural que por las intrigas económicas. Este monopolio fue explotado despiadadamente, constituyendo una de las causas principales del crecimiento del ferrocarril, como acabamos de ver, especialmente al establecerse la línea que sería el paso crucial hacia su modernización. Los comerciantes de algodón de Manchester se quejaban de que requería más tiempo traer su materia prima

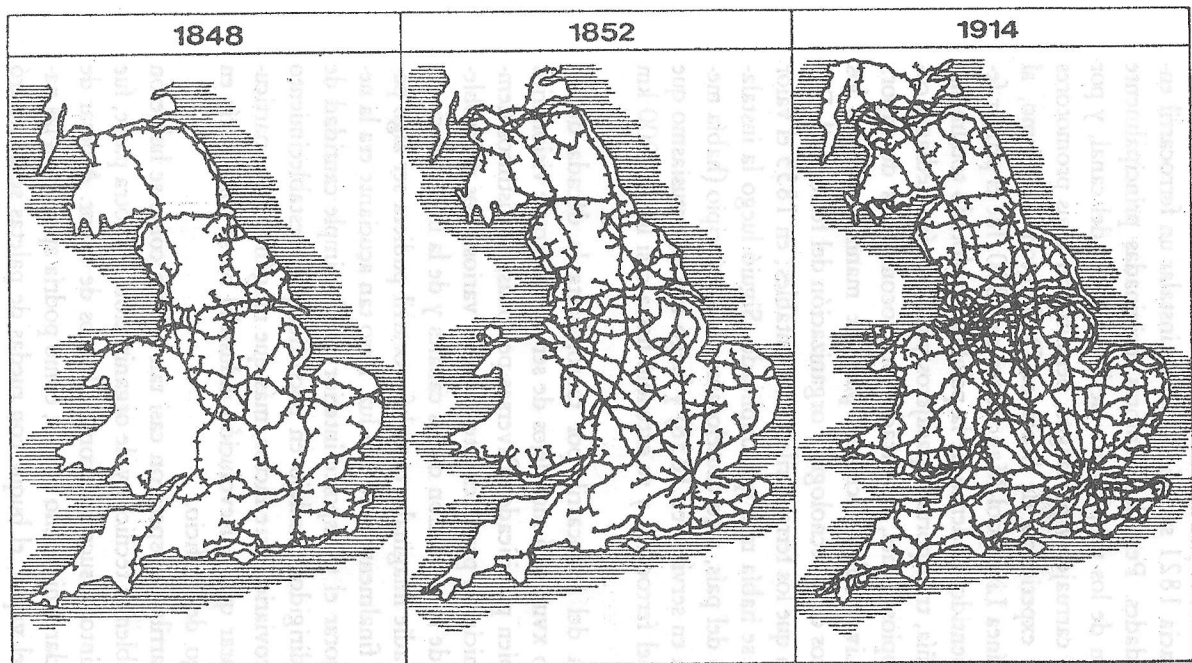
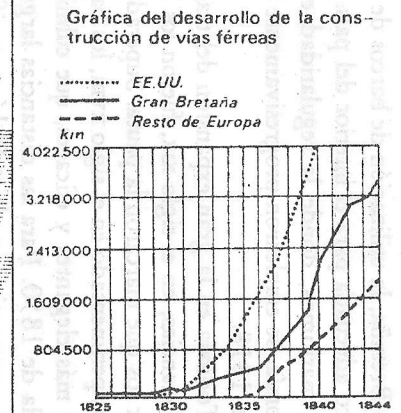
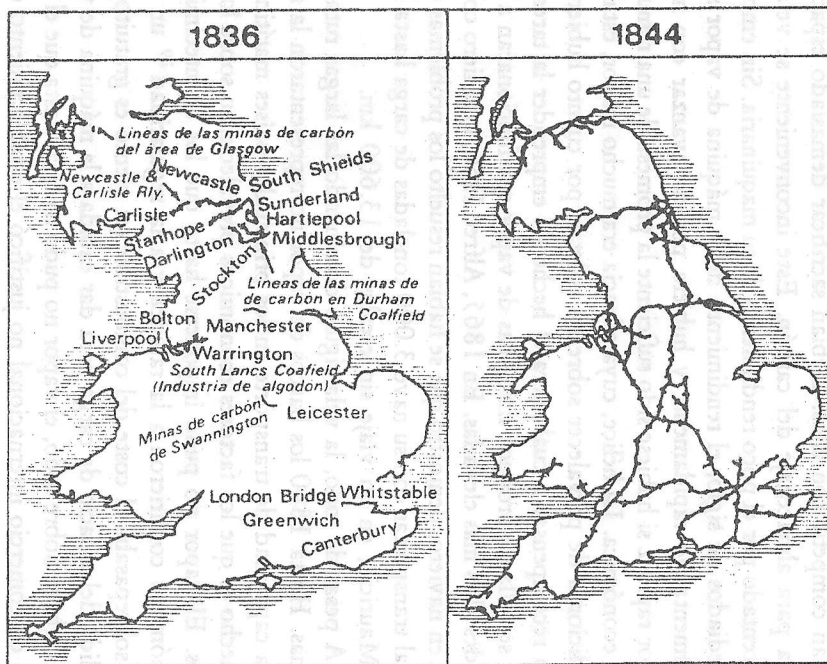


FIG. 4. — Crecimiento de la red de ferrocarriles en Gran Bretaña.
 (Según J. L. Gayer et al., *A sketch-map of Economic History of Britain*, 3.^a ed., Harrap, 1965.)

por el canal desde Liverpool que transportarla a través del Atlántico. Por lo tanto, hacia 1821 surgió la idea de instalar un ferrocarril entre las dos ciudades. Pero las demoras, originadas principalmente por la oposición de los propietarios de las tierras y del canal, y por los intereses de carruajes y portazgos, permitieron a sus promotores aprender de la experiencia de Stockton-Darlington. Asimismo, al inaugurarse la línea Liverpool-Manchester en 1830, fue el primer ferrocarril en el sentido moderno de la palabra: explotado totalmente por una compañía, transportaba pasajeros y mercancías mediante cobro, en sus propios trenes, arrastrados por locomotoras de vapor.

La línea Liverpool-Manchester puso de manifiesto todos los principios básicos de la tecnología y organización del ferrocarril. Demostró también que los ferrocarriles eran rentables; en 1833 el valor de las acciones se había más que duplicado. Siguió luego la instalación en el resto del país, algo cautelosamente al principio (había menos de 800 km en servicio en 1838) y luego con un entusiasmo que llevó al *boom* del ferrocarril y se extendió hasta casi los 10.000 km en 1850.

La historia del ferrocarril, por tanto, hasta la década de los treinta del siglo xvin, está muy lejos de ser un cuento de visionarios o un esfuerzo bien planificado. Diversas personas, en distintos tiempos y lugares, hicieron parciales intentos ante varios tipos de problemas derivados de la saturación de los canales y de la insuficiencia de los caminos. Nadie imaginaba que el ferrocarril pudiera ser algo parecido a lo que finalmente salió a la luz. Pero tan acuciante era la necesidad de mejorar el transporte interior que la simple cantidad de esfuerzos mal dirigidos condujo en poco tiempo al establecimiento del sistema ferroviario. Este factor, más que ningún otro en particular, iba a asegurar que la Revolución industrial no se convertiría en un simple fuego de artificio.

Los ferrocarriles prosperaron casi tan pronto como se hubieron resuelto los problemas técnicos y de organización. Por otra parte, fue totalmente distinto lo sucedido con los barcos de vapor. A pesar de que no estaba claro, ni mucho menos, cómo podría aplicarse a las naves la fuerza del vapor, el buque con ruedas de paletas se demostró convincente en la primera década del siglo xix; en 1815 la navegación a vapor se había afianzado en los ríos de Estados Unidos. En

Gran Bretaña, la utilización de barcos de vapor era menos necesaria y poco adecuada para el interior del país. Pero en los pequeños cruceros marítimos, donde la regularidad era más importante que la economía, se emplearon progresivamente los buques de vapor a partir de 1818.

Todavía en la gran expansión del transporte marítimo para largas distancias, en el siglo xix, fueron los barcos de vela y no los de vapor los que marcaron la pauta. Superado el estancamiento que habían experimentado en el siglo xviii, los barcos de vela adoptaron diseños más elegantes y eficaces, que culminaron en los *clippers* de la década de 1850. Para las distancias largas, los barcos de vapor no podían competir con ellos. Debían sacrificar demasiado espacio de carga para almacenaje del carbón. Este inconveniente se veía aún acrecentado por el poco rendimiento de su maquinaria. Sin embargo, a mediados de siglo, el rendimiento de la máquina de vapor se fue incrementando rápidamente y hubiera podido avanzar con mucha mayor rapidez si hubiese sido suficiente la promesa de una remuneración económica. La hélice, cuya eficacia era mucho mayor, estaba en condiciones de prevalecer sobre las paletas, por cuanto hubiera podido recompensar a cualquiera el hecho de emprender la tarea más bien sencilla de producir máquinas de vapor que funcionaran a velocidades algo más elevadas. En 1865, Alfred Holt, ingeniero convertido en naviero, demostró que se habían resuelto los problemas técnicos al transportar con su nave 3.000 toneladas de carga hasta las islas Mauricio, en un viaje sin escalas de 13.600 km.

A pesar de todo, la vela siguió dominando las largas rutas marítimas. Hasta 1880 los barcos de vapor no representaron la mitad de la capacidad de transporte en los principales países marítimos.²⁸ El hecho es que los factores económicos prevalecieron sobre los técnicos. El vapor no pudo imponerse hasta que los acontecimientos económicos confirieron a la rapidez y a la regularidad²⁹ un valor que sobrepasaba el coste del combustible (el viento es gratuito) y la pérdida del espacio de carga para dar cabida a la máquina de vapor y al carbón. Sobre todo, el vapor no pudo triunfar hasta que el volumen de comercio internacional no justificó el establecimiento de un sistema mundial de estaciones carboneras, proceso que no se inició hasta los años cincuenta. En realidad, fue la apertura del canal de

Suez en 1869 (que por sí mismo ya favoreció al vapor a expensas de la vela) lo que estimuló suficientemente las facilidades para el abastecimiento de carbón. A partir de entonces la victoria del vapor estaba asegurada.

Lo que se deduce de todos estos antecedentes, por muy distintos que puedan ser en muchos aspectos, es que en cualquier caso fue el movimiento general de la economía, y no las innovaciones técnicas como tales, el que marcó el ritmo del cambio. Los inventos tuvieron lugar —o por lo menos se desarrollaron más intensamente— cuando las condiciones económicas estuvieron en su punto. La mayoría de adelantos estudiados más arriba tienen también en común (en distintos grados) otra característica, típica de este tiempo: la mayor parte surgieron del intento de hallar un complemento o un sustituto de alguna mercancía que, debido a las leyes naturales, no podía avanzar al mismo ritmo que las demandas de una economía en expansión.³⁰ La escasez de agua o las dificultades del terreno fijaron los límites de la posterior extensión del sistema de canales. Asimismo —de una forma ciega, como ya hemos descrito— los desesperados comerciantes o dueños de minas se vieron impelidos a la fabricación del ferrocarril. La cantidad de madera disponible para la industria es limitada por la naturaleza; por lo tanto, gran parte de los esfuerzos tecnológicos en los siglos xvii y xviii se interesaban por la forma de utilizar el carbón en su lugar. Los dos inventos clave en la industria del hierro —el de Darby a principios de siglo y el de Cort a finales— son parte integrante de dichos esfuerzos.

Puesto que los problemas de calidad restringieron el uso del hierro fundido al cok hasta pasada la primera mitad del siglo, podría creerse que en esta ocasión fueron los factores técnicos más que los económicos los que desempeñaron el papel fundamental. Pero a pesar de que el mejoramiento de la calidad supuso la resolución de difíciles problemas técnicos, las características de éstos no implicaban grandes descubrimientos; el perfeccionamiento meramente gradual de las condiciones de funcionamiento se realizó gracias a pacientes tentativas y errores. La rapidez de los adelantos sería proporcional al esfuerzo. Mientras era sólo la firma Darby la que estaba experimentando, necesariamente los progresos eran lentos. Pero cuando la expansión del mercado introdujo a otros —como Wilkinson—, en las

décadas de 1750 y siguientes, la suma de las diversas experiencias condujo con gran rapidez a un producto de la calidad deseada.

El caso de la máquina de vapor no es tan simple. El aparato de Newcomen llegó a existir porque la tendencia a sustituir la madera por hulla llevó el drenaje de las minas hasta más allá de la capacidad de las fuentes naturales de energía existentes. Y no es ningún insulto a Newcomen decir que los conocimientos científicos y mecánicos de que se disponía al terminar el siglo eran tales que cuando la necesidad se hizo lo bastante apremiante y muchos intentaron la utilización del vapor para el bombeo, *alguien* estaba destinado a obtener éxito. Desde que el condensador separado fue conceptualmente, y con mucho, el invento más complicado del siglo, podría argüirse que, como mínimo, este adelanto no pudo ser simplemente una cuestión de respuesta a la demanda económica. Podría ser perfectamente cierto, pero convendría recordar también que fueron muchos los que estaban intentando perfeccionar las máquinas de vapor. El genio es simplemente el hombre que llega el primero a un punto que otros se están esforzando por alcanzar. La afluencia de clientes muestra que el perfeccionamiento de la máquina de bombeo no apareció antes que su mercado. Y el impulso para poner el motor en marcha se debió menos al inventor Watt que al empresario Boulton, que tenía un apreciable sentido comercial.

Parece, pues, que los inventos de los inicios de la Revolución industrial fueron *en primer lugar* —por cuanto tenemos todavía que considerar sus últimas consecuencias— respuestas a las necesidades económicas. Los inventores no entraban en acción —ni el entorno social les animaba a hacerlo— a menos que la necesidad fuera ya evidente, es más, apremiante. Ello no constituye ninguna sorpresa. La idea de los inventos, como buena en sí misma, como algo que puede acometerse razonablemente incluso cuando cabe dudar de su necesidad, esta idea es algo que podría suceder solamente en un mundo que ha pasado por una revolución industrial y descubrió (como en el caso de la televisión) que las nuevas técnicas, en las sociedades suficientemente ricas, crean sus propias demandas. En el siglo xviii o a principios del xix nadie inventaba sólo por la sencilla razón de que era posible hacerlo. La historia de los barcos de vapor es un claro ejemplo de lo que sucedió cuando algunos entusiastas intentaron ha-

cer precisamente esto. Una vez demostrada la máquina de vapor, era obvia la idea de aplicarla al mar. Ello atrajo la atención de una ingente multitud de inventores y proyectistas entre los que se contaban, hacia 1800, algunos de los mejores pioneros de la invención y, a partir de la década de 1830, algunos de los mejores ingenieros industriales. Técnicamente estos entusiastas obtuvieron un cierto éxito y con un poco más de apoyo hubieran podido obtener resultados mucho mejores. Pero el barco de vapor tuvo que aguardar todavía la lenta maduración de las condiciones económicas.

CONSIDERACIONES SOBRE LAS CAUSAS ORIGINARIAS

En el siglo XVIII, las innovaciones tecnológicas fueron más un efecto que una causa. En un período más dilatado de tiempo que se proyectara hacia atrás para englobar la Edad Media, es posible que la tecnología desempeñase un papel causal mucho más importante. Los cambios tecnológicos de la Edad Media, menguados a la luz de los posteriores desarrollos, se realizaron, con mucho, a mayor escala y fueron de tipo más radical que cualquier otro desde los orígenes de la civilización. Ello no tendría nada de particular si se hubiera advertido que habían desempeñado un papel preponderante en el fomento de los sucesivos cambios económicos, sociales y políticos que condujeron, después de recorrer un largo camino, a la Revolución industrial. De hecho, podría argüirse —aunque no es éste el lugar para hacerlo— que algunas tendencias, como el desarrollo de maquinaria a gran escala, la creciente complejidad de los medios de producción y los mejoramientos en el transporte que facilitaron el comercio, se situaban entre los factores más importantes que provocaron el derrumbamiento de la economía medieval y el nacimiento del modelo de producción capitalista.

Dejando aparte estas especulaciones a largo plazo, lo realmente cierto es que los siglos XVI y principios del XVII fueron testigos de un notable desarrollo de la empresa capitalista dentro de lo que no dejaba de ser, considerado en su conjunto, una variante de la economía feudal de la Edad Media. Como consecuencia de especiales circunstancias histórico-geográficas que no vamos a considerar ahora, tomó

la delantera en este nuevo tipo de producción la que hasta entonces había sido una isla más bien poco desarrollada, al margen de la economía europea. Quizá todavía predominaran cuantitativamente los elementos precapitalistas en la Inglaterra del siglo XVII, pero el sector capitalista —tanto en la agricultura como en la industria— estaba empezando ya a marcar el ritmo y la dirección del nuevo desarrollo. También aquí las transformaciones políticas, que necesariamente acompañan a los cambios económicos profundos, fueron las primeras en realizarse, culminando en las revoluciones de 1640 y 1688-1689.

A pesar de la gran complejidad que presentan estas revoluciones si las examinamos en detalle, y a pesar de los compromisos que surgieron de ellas, sigue siendo válido que antes de finalizar el siglo XVII, el poder político en Inglaterra (a la que podemos empezar a añadir Escocia) había sido redistribuido de manera que favoreciese a los mercaderes, banqueros y agricultores capitalistas —y en menor grado a los empresarios industriales— a expensas de la nobleza, grandes propietarios³¹ y pequeños artesanos. En teoría, podría suponerse que la Constitución y las usanzas protegían los intereses de los terratenientes. En la práctica, mediante los préstamos recibidos de gobiernos necesitados y la corrupción de la Cámara de los Comunes, cuyos miembros estaban “más interesados en la expoliación de oficio que en los principios políticos”,³² era el dinero, y cualquiera que lo poseyese, quienes gobernaban el país. Al principio prevalecieron los intereses mercantiles, pero se dejó a la industria espacio para la maniobra y finalmente para tomar la mayor parte del poder político.

El comercio y la industria capitalistas, liberados de forma general de las restricciones legales y acostumbradas en el pasado, continuaron su expansión a un ritmo sin precedentes. La producción real de la industria y el comercio casi se cuadruplicó en el siglo XVIII.³³ Fue esta expansión y el creciente entorno burgués en que tuvo lugar los que constituyeron la esencia de la Revolución industrial. Los cambios tecnológicos del siglo XVIII fueron simplemente algunas de aquellas cosas que necesariamente tenían que aparecer cuando algunos hombres ambiciosos, en estas condiciones, trataban de hallar el camino para llegar a la cima. La tentativa de investigar estas conexiones con mayor detalle, que sigue a continuación, se debe en gran

parte a varios estudios detallados efectuados en los últimos años.³⁴

La demanda del mercado, como apuntábamos anteriormente, fue la causa principal de las innovaciones tecnológicas del siglo xviii y principios del xix. No cabe ninguna duda de que la demanda estaba experimentando un fuerte incremento. Como resultado del desarrollo acaecido en los siglos xvi y xvii, que ya hemos mencionado, Inglaterra entró en el siglo xviii con el índice más elevado de prosperidad material de todo el mundo (a este respecto había superado poco antes a Holanda). La población empezó a crecer,³⁵ probablemente, o por lo menos en parte, como resultado de la elevación del nivel de vida. La capacidad de la agricultura inglesa (que todavía era, con mucho, el sector predominante en la economía, y por entonces con una estructura fuertemente capitalista) para marchar al mismo paso que la población pudo librarse de las complicaciones malthusianas. Los patrones de vida siguieron creciendo o, como mínimo, no volvieron a tiempos peores. Una vez que había comprado alimentos y satisfecho sus necesidades básicas, una familia normal disponía de una cantidad cada vez mayor (aunque todavía pequeña) de poder adquisitivo sobrante para comprar productos manufacturados. La virtual desaparición del campesinado significó que casi toda la vida económica pasaba a través del mercado, contrariamente a lo que sucedía en las economías agrícolas todavía en boga en Europa. Asimismo, el crecimiento de la población —con niveles de vida en ascenso— y la comercialización casi universal produjeron en conjunto una paulatina expansión del mercado nacional. La distribución de los ingresos, más equitativa que en el continente, hizo que la demanda se centrara principalmente en los artículos de uso diario, que pudieron sentar la base de las industrias de producción a gran escala. A consecuencia de la libertad de aduanas interiores (que todavía pesaban sobre la mayoría de países continentales) y los paulatinos adelantos introducidos en el transporte (carreteras de peaje, “navegaciones” y más tarde canales), había en potencia un mercado masivo por todo el país a disposición de cualquier empresario con habilidad para hacerse con él.

Aunque el comercio de exportación era inferior en volumen al nacional, fue capaz de tomar una expansión más fuerte y más rápida, mediante la “sencilla” estratagema de captar mercados de otros

países exportadores o de acabar con la competencia nacional (principalmente en las colonias). En este campo, la economía británica obtuvo los más pingües beneficios de los cambios políticos del siglo xvii.³⁶ Las leyes de navegación de 1651 y 1660 pusieron los fundamentos de la política que aseguró a Gran Bretaña el dominio del mundo mercantil, reservándose —como hicieron— el monopolio comercial con las colonias británicas. “Ningún estado respondió mejor a los deseos de sus clases mercantiles; ningún país estuvo más alerta a las implicaciones comerciales de la guerra.”³⁷ En consecuencia, la mayor parte de los mejores territorios coloniales fueron conquistados para Inglaterra. Y cuando el comercio de exportación, que había progresado de forma clara y firme desde antes de 1700, pareció realizar una nueva expansión durante las décadas de mediados de siglo,³⁸ los nuevos bienes fluyeron principalmente hacia las colonias.

Las colonias tenían que depender de Gran Bretaña en todas aquellas manufacturas que, en una economía equilibrada, podrían producir por sí mismas: “clavos, ejes, armas de fuego, cubos, carruajes, relojes, sillas de montar, pañuelos, botones, cuerdas y mil cosas diversas”.³⁹ Fue también principalmente el comercio colonial el que hizo posible que la metrópoli se convirtiera en exportadora de manufacturas en general en vez de depender casi exclusivamente de los productos laneros. Estas exportaciones, como tendremos ocasión de comprobar, eran sobre todo artículos de uso cotidiano, no de lujo; artículos, por lo tanto, con posibilidades de producción a gran escala. Es esta producción en serie, con poco beneficio por unidad, más que el suministro de costosos artículos de lujo, la que presenta mayor gratificación a las innovaciones tecnológicas. Evidentemente, fue el mercado de exportación —cuyo incremento se multiplicó por diez entre 1750 y 1770— el que dio ímpetu a la industria algodonera en un momento tan crucial. Incluso después de esta expansión, el comercio algodonero era todavía minúsculo en comparación con el lanero; su volumen era unas veinte veces menor. Pero un empresario que deseara subirse al carro de la victoria sin duda encontraría más atractiva la perspectiva del algodón.

No es éste el lugar adecuado para tratar de la espinosa cuestión de la importancia relativa de los mercados nacionales y de exportación. Baste decir que a menudo parecen haberse complementado mu-

tuamente expandiéndose uno cuando el otro flaqueaba. La demanda nacional proporcionaba fiabilidad y cierta seguridad a las propias inversiones. Los riesgos y los elevados alicientes del campo de la exportación proporcionaron excelentes oportunidades. No hay incompatibilidad alguna entre uno y otro para explicar la demanda que llevó a la expansión industrial y a las innovaciones tecnológicas.

Pero, ¿por qué la respuesta a este desafío tuvo que llegar tan abrumadoramente en forma de innovaciones tecnológicas? No basta con decir que no podía satisfacerse la demanda de otra forma. Por supuesto que podía no haberse satisfecho. La historia está plagada de casos en los que *no* se realizaron los cambios técnicos que se precisaban con urgencia, a pesar de que estaban al alcance de las posibilidades de que se disponía en este tiempo. ¿Qué factores hacen que una sociedad ansíe la renovación y dejan que otra se contente con lo que ha heredado?

La respuesta podría darse en razón de la estructura de las clases sociales. Un punto especialmente relevante concierne a la medida en que aquellos cuya riqueza proviene de las rentas de la industria ⁴⁰ y que, por lo tanto, disponen de los recursos que podrían utilizarse para su posterior desarrollo, toman personalmente una responsabilidad directa en el actual proceso de producción. ⁴¹ Para tomar un caso extremo, en la Edad del Bronce, una vez que las civilizaciones de Egipto y Mesopotamia hubieron dejado atrás su período de formación, dieron lugar a una estructura de clase; en ella, la clase rica y predominante, los reyes, nobles y sacerdotes, apenas se interesaba de alguna forma por saber cómo se producían los bienes. Su atención se centraba en el proceso de obligar a los campesinos y artesanos a entregar a sus amos casi todo el excedente que sobrepasara lo necesario para subsistir en la pobreza. Esta concentración en el arte de la explotación, más que de la producción, les permitía ignorar las evidentes deficiencias de los métodos de producción y les excusaba de saber cómo mejorarlos. Los agricultores y artesanos ciertamente lo sabían, pero carecían de incentivo alguno puesto que un incremento de la producción hubiera beneficiado sólo a sus amos. De la misma forma, la extrema polarización de clases les llevó al estancamiento tecnológico —virtualmente completo durante más de mil años— que hemos mencionado casi al principio de este ensayo. ⁴²

La organización industrial capitalista se sitúa en el extremo opuesto de estas condiciones. El empresario cuya riqueza proviene de una fábrica de algodón o de un horno de fundición toma también a su cargo la responsabilidad total de las decisiones sobre la forma de llevar a cabo la producción. En teoría, si no siempre en la práctica, sus empleados son simples robots que ejecutan lo que se les manda. Asimismo, el empresario capitalista está enterado —hasta un punto que ningún explotador había alcanzado anteriormente— de cuánto puede ganar por un determinado cambio técnico. Probablemente también tenga suficientes conocimientos tecnológicos para juzgar acerca de la viabilidad de un invento, e incluso quizá para inventar él mismo. La fría espada de la competencia refuerza estos conocimientos y elimina a aquellos que no los poseen. De ahí se deduce la extrema sensibilidad de la respuesta a la oportunidad tecnológica de que a menudo hacían gala los empresarios del siglo xviii.

Así, pues, con un sector capitalista fuerte que había surgido dentro de la economía en los siglos xvi y xvii y con la nueva libertad adquirida desde las revoluciones de 1640 y 1688-1689, Inglaterra (y Escocia, que la seguía de cerca) estaba en condiciones de dar una respuesta al desafío de la expansión de los mercados mediante una explosión sin precedentes de innovaciones tecnológicas. El esfuerzo de la inventiva británica estaba ya en plena efervescencia en la última década del siglo xvii, ⁴³ poco después de que se lograran los primeros resultados importantes: la máquina de Newcomen y la fundición del cok de Darby. Sin duda, no deja de ser significativo que la ola de innovaciones se fuera orientando al principio hacia aquellas secciones de la industria que ya eran totalmente capitalistas y se produjeran mucho más tarde en otros campos, como el algodonero, que solamente alcanzaron un alto grado de capitalismo bajo la influencia de las nuevas máquinas.

La sensibilidad de los empresarios para potenciar sus ganancias mediante los cambios tecnológicos alcanzó probablemente sus cotas más elevadas en Gran Bretaña durante el siglo xviii y principios del xix. ⁴⁴ Ofrecía al inventor una perspectiva mucho más atrayente que cualquier otro país. Si no era él mismo empresario (como Darby), pocas veces hallaba dificultad en obtener un financiamiento bancario suficiente. ⁴⁵

Las barreras que separaban las clases sociales fueron perdiendo rigidez incluso antes de las revoluciones del siglo xvii, y mucho más rápidamente a partir de entonces. Ahora, pues, el caballero rural e incluso el noble lord aspiraban a montar en el áureo carro empresarial mediante la explotación de minas o fundiciones de hierro en sus propiedades, o mediante la excavación de canales. Y cuando no conocían por sí mismos los pormenores de los negocios, se confiaban a jóvenes ambiciosos que hacían su agosto como administradores. Mayor importancia tuvo en la sociedad industrial, ahora más flexible, que el éxito se convirtiera en una atractiva forma de progreso social. Arkwright, aprendiz de barbero, y Stephenson, trabajador de una mina de carbón, pudieron llegar hasta la cima. Algunos miembros de la clase media —Lewis Paul, hijo de un médico y Edmund Cartwright, clérigo e hijo de clérigo— pudieron comprobar que valía la pena buscar fortuna en la industria y la invención. Evidentemente, según lo establecido hasta entonces, hubieran seguido el camino de sus padres en alguna profesión de la clase media lejos del corrompido mundo de los negocios. Los graduados en medicina escoceses desempeñaron un papel muy especial en la industria química, prefiriéndola a la práctica médica.⁴⁶ A pesar de ciertas reticencias de un pretensionismo social chapado a la antigua en algunos sectores de la que una vez había sido distanciada aristocracia, la industria adquirió un nivel de prestancia social absolutamente sin paralelo en ninguna época anterior; como resultado, pudo atraer hacia sí una adecuada proporción de los intelectuales del país.

Esta movilidad social anduvo a la par con las facilidades que los hombres de talento encontraron para desplazarse de una a otra industria según fueran las perspectivas de los beneficios. Watt empezó como fabricante de instrumentos de precisión. Su socio Boulton empezó como "fabricante de juguetes" (baratijas) hasta que logró crearse un nombre por sí mismo, no precisamente en el negocio de la máquina de vapor sino en varios campos distintos, como orfebrería de Sheffield, bandejas de plata, troqueles y maquinaria de acuñación, etc. Así, pues, la empresa de un solo hombre condujo a pequeñas revoluciones en varios procesos de producción. John Roebuck (véase más adelante, p. 235) pasó de la medicina a la industria química, luego a la industria del hierro y probó suerte, aunque sin

éxito, en la máquina de vapor.

A casi cada frase de los tres últimos apartados podría añadirse otra que comparase la situación en Gran Bretaña con la de sus rivales. El fracaso de los inventores continentales debe achacarse sólo a la falta de ayuda financiera. La aristocracia permanecía alejada del mundo del comercio y de la industria, al que despreciaba. La ruta del progreso adelantaba gracias a los ambiciosos miembros de las clases medias confinadas todavía al ejercicio de las tradicionales profesiones que habían aprendido. La industria era considerada como algo socialmente degradante y, por lo tanto, se dejaba en manos de segundones; y así sucesivamente. Finalmente, se podría comparar hasta qué punto la industria en el continente se veía sujeta a la regulación de los gobiernos y al control de los gremios, en contraste con la libertad de que gozaba en Gran Bretaña. Conviene no exagerar este contraste, pues ni entonces ni nunca hubo en Gran Bretaña o en cualquier otra parte una época de *laissez faire* sin trabas. Pero en la práctica (aunque a menudo no en la teoría legal) a la industria británica normalmente se le permitía un desarrollo más o menos libre en el sentido en que lo orientaban los acicates de los beneficios y de la competencia, mientras que en el continente las cortapisas de los gremios y los controles mercantiles se mantuvieron y algunas veces incluso se endurecieron durante el siglo xviii. El apoyo estatal a las industrias —pensado como invernadero de la industrialización— fue en la práctica reducido por la ineficacia burocrática. Un claro ejemplo de este contraste es la historia del director de una industria estatal francesa (véase p. 236), que demostró las ventajas de una técnica revolucionaria, luego desarrollada en la práctica por pequeñas firmas británicas y escocesas.

Cabe solamente mencionar otros factores distintos: el suministro de capital (parece que durante el siglo xviii no hubo un gran incremento en el índice de capital invertido, ni una reducción de los fondos de inversión, pero sí ciertas dificultades ocasionales para canalizar los recursos hacia donde más se precisaban); el desacuerdo en la creación de la ideología del progreso industrial (¿hasta qué punto las opiniones de quienes disientían fueron causa o consecuencia del triunfo de la industria?); el nacimiento de un proletariado que trabajase en las fábricas (el mejoramiento de la agricultura como factor de

abandono del trabajo y de coto que forzaba a emigrar a las ciudades).

En resumen, puede afirmarse con visos de razón que si se da por sentado el estado que había alcanzado el mundo hacia finales del siglo xvii —especialmente el creciente influjo del modelo capitalista y de las actitudes burguesas del pensamiento en Gran Bretaña en contraste con la situación en los demás países— puede darse una explicación muy verosímil de por qué era necesario que se produjera una Revolución industrial en el siglo xviii, por qué se produjo en Gran Bretaña y por qué originó una enorme aceleración del progreso tecnológico. Quizá sea más difícil entender la oportunidad concreta de la Revolución. En cualquier caso, antes de que pueda resolverse este problema, sería necesario convenir en cuáles fueron exactamente las fechas de las transformaciones cruciales. Cuando hablamos de Revolución industrial, ¿nos referimos fundamentalmente al *boom* del algodón en las últimas décadas del siglo? ¿O esta explosión fue simplemente una llamarada espectacular que se produjo cuando unos cambios más fundamentales en las condiciones del mercado o en las actitudes empresariales, en una economía cuya importancia iba creciendo decididamente, hicieron impacto en una industria cuyos problemas tecnológicos eran especialmente fáciles? Si fuera este último el caso, ¿sería el período de la transición crucial, en realidad entre los años 1740 y 1770, cuando aparecen varios indicios de actividad industrial y comercial (así como también de crecimiento de la población) para tomar claramente el ascenso? ¿O podría ser la fase crítica incluso antes, a principios de siglo, cuando la industria capitalista y las actitudes burguesas ya habían llegado bastante lejos como para producir los primeros cambios tecnológicos más importantes? El análisis que hemos efectuado en las últimas páginas —poniendo de relieve las actitudes y condiciones burguesas que estimularon las respuestas tecnológicas a las cuestiones que había planteado el mercado— parece favorecer esta última posibilidad. Vamos a dejar la idea en el aire y volvamos al primer punto para corregir una formulación unilateral.

Hemos recalcado repetidas veces que los inventos de los primeros estadios de la Revolución industrial no actuaron como causas sino que fueron consecuencias —simples resultados que eran de espe-

rar desde el momento en que algunos hombres inquietos trataron de sacar ventajas de las oportunidades expansionistas que se les habían ofrecido ante los ojos—. Una vez dicho esto, es necesario equilibrar la balanza señalando que los cambios tecnológicos tuvieron efectos económicos muy superiores a los desbordantes sueños de inventores e innovadores. Los pioneros de las hilaturas de algodón esperaron hacer —se supone— una modesta fortuna⁴⁷ al abaratar un proceso de fabricación de los vestidos. No podían hacerse una idea de que estaban empezando a hacer del algodón la primera industria en importancia de Gran Bretaña en menos de una generación; que este tejido sin importancia alcanzaría en 1815 un volumen del 40 por ciento del valor⁴⁸ de las exportaciones nacionales; que se demostraría la posibilidad de crear un mercado mundial de bienes de consumo baratos entre los más baratos; que proporcionaría “una dramática lección práctica sobre la rentabilidad de la mecanización”,⁴⁹ inspirando a centenares de inventores a intentar algo parecido en otros campos y, por lo tanto, proporcionaría los principales estímulos psicológicos del desarrollo tecnológico durante un par de generaciones.

Pero de este tema de las “consecuencias inesperadas” —de los efectos sociales y económicos producidos por las innovaciones, muy distintos de cuanto se habían propuesto los innovadores— el mejor ejemplo que podemos tomar es la posterior historia del ferrocarril, cuyo origen, a tientas y a ciegas, ha sido ya expuesto. Lejos de ser accesorios o sustitutos de otras formas de transporte —como se les había concebido en un principio—, los ferrocarriles se convirtieron rápidamente en la espina dorsal del transporte interior. Los sucesivos perfeccionamientos en cuanto a rapidez y capacidad, así como las reducciones de costos, fueron de un orden y magnitud distintos de como los habían imaginado sus promotores. E incluso éstos quizá deban considerarse todavía como un aspecto secundario de los efectos económicos del ferrocarril.

La competencia se hizo más real, excluyendo los elementos ineficaces que hasta entonces se habían visto protegidos por el aislamiento y elevando el nivel general tecnológico y administrativo. El ferrocarril aumentó las demandas de carbón, hierro y acero, que estimularon el rápido crecimiento de estas industrias. Durante quince años, a partir de 1856,⁵⁰ los suministros del ferrocarril supusieron

casi un tercio del total de las exportaciones de hierro y acero de todo el Reino Unido. La supremacía mundial de la ingeniería británica, tanto civil como mecánica, durante el período 1840-1880, se basaba en gran parte en la experiencia adquirida en la construcción del ferrocarril, y las formas de organización creadas para este propósito.

Las enormes demandas de capital para la construcción del ferrocarril provocaron un alza en los índices de inversión hasta niveles nunca alcanzados. Anteriormente, hasta 1830 aproximadamente, las inversiones de Gran Bretaña, como porcentaje de la renta nacional, permanecían a un nivel que hoy se consideraría típico de los países subdesarrollados; la mayoría de las inversiones se efectuaban sobre el suelo, edificaciones, propiedad pública y cultivos. Desde 1835 a 1870 aproximadamente, el índice de inversión se elevó al nivel característico de un moderno estado industrial. El ferrocarril absorbió una parte mucho más importante de este capital que cualquier otra industria, debido a los suministros de carbón, hierro y acero que acapararon gran parte del resto. Fue también el ferrocarril el que estableció en realidad el modelo de inversión de los propios ahorros en empresas con las cuales el inversor no tenía conexión alguna. Hasta entonces el capital de la Revolución industrial se había obtenido de los amigos, asociaciones comerciales u otras fuentes cuyo interés no era puramente financiero.

En suma, cuando se toman conjuntamente los efectos que han sido tan sólo esbozados en estos últimos párrafos, el desarrollo del ferrocarril se presenta como el suceso central del afianzamiento de la Revolución industrial. El siglo XVIII, especialmente en sus últimas décadas, presencié cambios tecnológicos en aspectos esencialmente modernos en diversas industrias: la maquinaria accionada por fuerza motriz, la producción fabril, etc. Pero fue solamente en la época del ferrocarril, y en gran parte como resultado del impacto que supuso, que la moderna industria llegó a predominar en la economía en general. Se podría pensar (a pesar de que parece imposible probarlo) que hasta entonces no quedó asegurada la continuidad del proceso de industrialización.

Por lo tanto, es necesario modificar una conclusión anterior. A pesar de que las máquinas de hilar y los ferrocarriles nacieron como meras consecuencias del empuje económico de su tiempo, produjeron

efectos que sobrepasaron ampliamente los impulsos que los habían originado. Lo mismo podría aplicarse, *mutatis mutandis*, a otros inventos.¹¹ Éstos ampliaron tan poderosamente la tendencia expansionista y la orientaron hacia rumbos tan imprevisibles que la convirtieron casi en un fenómeno nuevo. Aunque la creencia de que los inventos fueron la causa de la Revolución industrial no sea históricamente cierta, puede casi justificarse por este desenlace.

LA CIENCIA EN LOS INICIOS DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Durante el siglo XIX, el equilibrio entre innovación tecnológica e incentivos económicos se vio radicalmente alterado. Aparecieron nuevas tecnologías que podían entenderse básicamente como continuación de las anteriores (como había sucedido con la máquina de hilar) o sustitutos para recursos que escaseaban (fundición por medio del cok, ferrocarriles). Aparecieron como si el invento hubiese sido considerado (por el inventor y por la sociedad) como un bien en sí mismo. Los inventos crearon, aunque en diversa escala, sus propios mercados en vez de limitarse a abastecer con mayor eficacia los ya existentes. Algunos de estos inventos tuvieron efectos sociales y económicos que trascendieron incluso los descritos hasta ahora. La industria química de síntesis y algunos aspectos de la industria eléctrica constituyen dos excelentes ejemplos de ello. Como veremos, éstos son casos de innovación tecnológica derivada de la aplicación de la ciencia. Un estudio más completo¹² confirmaría que, durante el siglo XIX, dondequiera que la tecnología asume más plenamente el aspecto de iniciadora del cambio económico, se trata de una tecnología basada en la ciencia. Para introducirnos en el examen del mayor papel desempeñado por la ciencia en alguna tecnología del siglo XIX, será conveniente echar una ojeada al papel menos importante, aunque no despreciable, que tuvo en el siglo XVIII.

La maquinaria que revolucionó la industria textil no debía nada a la ciencia. Pero la producción de telas depende de otros procesos, además de los puramente mecánicos como el hilado, el tejido y otros por el estilo. Son necesarios también tratamientos químicos, el más importante de los cuales es el blanqueo. Fundamentalmente, el pro-

ceso de blanqueo consistía en exponer la tela al sol durante muchos días; "no había bastantes prados baratos [...] en todas las Islas Británicas para blanquear sólo los tejidos de Lancashire una vez que la *water frame* y la *mule jenny* sustituyeron al torno manual".¹³ La revolución en la maquinaria exigía una revolución en el blanqueo.

Ahora bien, los procesos de invención en la química industrial son algo conceptualmente distinto de aquellos que comprendían aspectos mecánicos. Un trabajador sin experiencia puede observar los entresijos de palancas, ruedas, poleas y correas y puede construir la máquina que ha imaginado, probarla y modificarla si es necesario. Las "ruedas" de los procesos químicos —en nuestros días debemos imaginarlas como moléculas, átomos, electrones, etc.— están bien escondidas. Un trabajador no experimentado se ve limitado a un lento proceso de tentativas y errores. Para avanzar con la rapidez suficiente para mantener el mismo ritmo de los adelantos mecánicos, la química industrial precisaba de la agudeza mental característica de hombres que hubieran adquirido conocimientos de química de hombres que hubieran adquirido conocimientos de química como ciencia. En el siglo XVIII, éstos eran normalmente los médicos, puesto que la medicina era la única profesión que comprendía estudios de química. Y en Gran Bretaña se trataba casi siempre de médicos escoceses, pues mientras las universidades inglesas se hallaban estancadas, los estudiantes de medicina escoceses contaban con una experiencia química de primera clase, gracias a profesores como William Cullen y Joseph Black.

Una etapa importante en el proceso tradicional del blanqueo era el acidulado, que consistía en poner el producto en remojo durante unas 48 horas en un ácido ligero, normalmente suero de leche. Mucho antes de aparecer los inventos en la hilatura, se había padecido escasez de esta materia prima. La primera revolución del blanqueo en el siglo XVIII fue la introducción del ácido sulfúrico en el proceso del acidulado. Y ahora debemos hacer una digresión para observar el desarrollo de la elaboración del ácido sulfúrico.¹⁴ Éste es un material muy utilizado en la industria, y ya a principios del siglo XVIII su demanda había superado las posibilidades del método empleado para su elaboración; éste consistía en quemar azufre junto con salitre dentro de una campana de cristal y condensar el producto en agua.¹⁵

La primera mejora, introducida por Joshua Ward en 1736, fue la sustitución de las campanas de cristal de farmacia por grandes globos de vidrio, de una capacidad aproximada de 180 litros. El precio del ácido bajó de 30 chelines la libra a 2 chelines aproximadamente. Ward era un boticario y un medicastro, y no sabemos si su socio, John White, tenía ningún conocimiento científico de química. Pero no cabe duda de que la ciencia estaba en la base de la mejora crucial llevada a la práctica por el doctor John Roebuck en Birmingham, una ciudad cuyos variadísimos tipos de comercio, que en su mayor parte utilizaban el ácido en los procesos de decapado y desoxidado de metales, provocó una rápida expansión del mercado.

Roebuck procedía de dos escuelas técnicas: la de Edimburgo y la de Leyden. Con Samuel Garbett, un emprendedor hombre de negocios, estableció lo que en realidad sería un laboratorio químico al servicio del comercio metalúrgico y de baratijas. Perfeccionaron los métodos de refinado del oro y la plata y la recuperación de sus residuos y actuaron como asesores generales de química para los industriales. El negocio de Roebuck, pues, era una empresa científica y su perfeccionamiento del método de fabricación del ácido sulfúrico dependía de una serie de conocimientos que sólo podía tener un químico experimentado, a saber, que el plomo es uno de los poquísimos materiales a los que el ácido no ataca. Aquí residía la clave de la producción industrial, puesto que ésta se abrió paso superando la limitación de escala que había impuesto la fragilidad del vidrio en el proceso de Ward. La planta de Roebuck en Birmingham empezó a funcionar en 1746; siguió otra en Prestonpans (Escocia) en 1749. El precio bajó entonces a 3 1/2 peniques la libra. Había descendido cien veces en poco más de una década; ni los hiladores de algodón podían rivalizar con él.

Hay algunas pruebas de que Roebuck y quizás otros sabían que el ácido sulfúrico diluido podía utilizarse en el acidulado, durante las operaciones de blanqueo. Pero en la práctica, su introducción en la década de 1750 se produjo gracias a la labor investigadora y de divulgación que emprendió Francis Home¹⁶ en beneficio de la Board of Trustees for Fisheries, Manufactures and Improvements in Scotland. Home cobró cien libras por su trabajo —una buena suma en aquellos tiempos—, lo que demuestra que los maestros de blanqueo

no sólo conocían el valor de la ciencia sino que estaban dispuestos a pagar por ella, con tal de que el dinero no saliera de sus bolsillos particulares. La operación de acidulado se valía ahora de una materia prima barata y abundante, que por añadidura resultaba la más eficaz. El tiempo empleado se reducía de un par de días a unas pocas horas. La industria dio un gran salto adelante.

Con todo, no bastaba la simple sustitución de la vieja materia prima por otra nueva. La mayor parte del proceso de blanqueo —exposición al sol y al aire— tomaba varios meses. La liquidación de este cuello de botella no dependía solamente de que unos hombres competentes en la ciencia aplicaran los conocimientos de que disponían, sino de la utilización de los últimos descubrimientos químicos realizados por algunos de los mejores cerebros de Europa.

En 1774, un sueco, Karl Scheele, uno de los tres o cuatro nombres más eminentes en el campo de la química neumática, descubrió el gas que actualmente conocemos como cloro. Se vio que, disuelto en agua, blanqueaba los tintes vegetales.¹⁷ C. L. Berthollet, director de la industria estatal francesa de colorantes y quizás el segundo químico francés en importancia de aquel siglo, experimentó su uso para blanquear telas en 1785-1786; pero el proceso no tenía posibilidades antes de la Revolución francesa. Dos hombres fueron en gran parte responsables de transmitir la idea de Berthollet a los prácticos blanqueadores escoceses: Patrick Copland, profesor de Filosofía Natural en el Mariscal College (Aberdeen), y James Watt, eminente químico que al propio tiempo que perfeccionó la máquina de vapor, fue uno de los tres que comparten el honor de haber descubierto que el agua (consideraba hasta entonces como un elemento) está compuesta de oxígeno e hidrógeno. En 1787-1788 dos firmas de Escocia y otra cercana a Nottingham empezaron a utilizar este proceso; un poco más tarde llegaba a Lancashire.

No obstante, el cloro es una sustancia peligrosa y difícil de manejar. Durante los años siguientes se intentó repetidamente dominarlo. Hasta que, por fin, en 1798-1799, Charles Tennant y Charles Macintosh inventaron el polvo de blanquear (a partir de la acción del cloro sobre la cal apagada), que fue la solución definitiva del problema. El cuello de botella que suponía el blanqueo se quebró. Y es evidente que la expansión de la industria textil en el siglo xix depen-

dió tanto del blanqueo por cloro como de la maquinaria para hilar y tejer.

Durante unos cincuenta años a partir de la década de 1820, el eje central de las industrias químicas fue la fabricación del álcali: la producción de carbonato sódico ("sosa para lavar") a partir de la sal común con la ayuda de ácido sulfúrico, carbón y creta. El producto se empleaba en la fabricación del vidrio, hervido del jabón, varios procesos auxiliares del textil y otras muchas industrias. Los productos secundarios se utilizaban para la elaboración de polvos para el blanqueo y papel. Por lo demás, una industria química desarrollada comprende un entramado muy complejo de procesos diversos, cada uno de los cuales produce al final productos ajenos a la industria y prepara de esta forma las materias primas para otros procesos. En el período que estamos tratando, el proceso alcalino se sitúa en el centro de estas complicadas interacciones.

Las reducidas cantidades de álcali que se precisaban en la industria durante la época medieval e inicios de la moderna se obtenían de la ceniza de plantas (las plantas terrestres producen potasio, las algas marinas contienen sosa). Inevitablemente, la moderna expansión industrial de principios del siglo xvii provocó una carencia que obligó, por ejemplo, al desarrollo de la industria escocesa de algas marinas,¹⁸ cuyo producto, el álcali, durante un cierto tiempo solucionó el problema y en realidad fue todavía de gran importancia hasta la década de 1830. Pero la "voracidad alcalina" de las industrias en expansión no podía satisfacerse con ninguna fuente de recursos orgánicos. Por lo tanto, casi desde el mismo año de 1736, cuando la ciencia química había mostrado que era técnicamente posible, empezaron las investigaciones para hallar un método práctico de producir sosa a partir de la sal marina.

No podemos relatar aquí la historia propiamente dicha de cómo esta batalla condujo finalmente al éxito. Pero una simple lista de quienes intervinieron en ella nos mostrará que una vez más, la ciencia, en los niveles más elevados de que entonces se disponía, fue la clave que llevó a una innovación tecnológica. Esta lista incluye a Scheele, Roebuck y Watt, de quienes ya hemos hablado; Joseph Black, el indiscutible padre de la química moderna; Guyton de Morveau, uno de los principales socios de Lavoisier en la revolución

antiflogística que trazó las líneas maestras de la teoría química moderna; James Keir, un típico ejemplo de médico escocés dedicado a la industria química, miembro de la Lunar Society (casi una garantía por sí misma de gran rigor científico), uno de los primeros químicos que aceptaron la teoría antiflogística en Gran Bretaña (donde encontró resistencia durante largo tiempo), investigador químico de gran competencia (como atestiguan los estudios que publicó); el noveno conde de Dundonald, industrial aventurero que apreciaba el valor de los informes científicos más que a los científicos mismos, mayormente conocido como pionero de la industria del alquitrán de hulla; ⁵⁹ Duhamel du Monceau, el primero en distinguir claramente entre la potasa y la sosa, descubrió en 1736 que ésta contenía la misma base de la sal común y casi inmediatamente intentó explotar comercialmente su descubrimiento (sin duda demasiado pronto para tener éxito); Malherbe, De la Metherie, Brian Higgins, Alexander y George Fordyce, a quienes los historiadores de la química reconocen su competencia científica a pesar de que un lector normal probablemente no haya tropezado nunca con sus nombres; y muchos otros.

En la medida en que nos son conocidos algunos detalles, sabemos que dichos investigadores y promotores utilizaron plenamente todo cuanto la ciencia les podía ofrecer. Keir, por ejemplo, empezó con el hallazgo de un punto débil en la doctrina bien estructurada (como parecía ser entonces) de las "afinidades electivas".⁶⁰ Su observación química se transformó en un proceso practicable gracias a un punto sutil que sólo podía ser conocido por alguien que estuviera muy bien informado y fuese experto tanto en química "pura" como en química industrial. De hecho, se trataba de un punto cuyo verdadero sentido no fue comprendido por los químicos alemanes que consideraron la posibilidad de reactivar el proceso durante la primera guerra mundial.⁶¹

Parece que el proceso de Keir logró buenos resultados económicos en las dos últimas décadas del siglo (a pesar de que este hecho se debió exclusivamente a que el sodio o el sulfato potásico podían encontrarse entonces a buen precio, pues eran un producto de desecho de otras industrias). También alcanzó éxito el proceso de Dundonald y durante los últimos años del siglo XVIII, y más o menos los primeros veinte años del siglo XIX, las explotaciones de álcali sintético ope-

raron con éxito en Tyneside y en el área de Glasgow. Todo ello sucedía *antes* de que se introdujera en Gran Bretaña el proceso de Leblanc, que constituyó la victoria final sobre el suministro de álcalis a partir de fuentes orgánicas.

Leblanc, farmacéutico y luego cirujano, probablemente no era un gran químico, pero sí lo bastante bueno como para sacar provecho del trabajo de otros investigadores franceses, que hemos mencionado anteriormente. Su proceso, que sólo se diferencia de algunos precedentes en detalles cuantitativos, fue patentado en 1791. Tanto Leblanc como su proyecto sufrieron las consecuencias de los confusos años revolucionarios; a pesar de ello, antes de 1815 Francia se había independizado de los suministros de álcali natural. Pero lo que realmente cuenta fue el establecimiento en 1823, por parte de James Muspratt, de fábricas a gran escala cerca de Liverpool que utilizaban el procedimiento de Leblanc.⁶² En 1825, Tennant (véase p. 236) estableció el proceso en Escocia. El núcleo de la industria química, tal como debía ser durante medio siglo, había sido formado.

La ciencia tomó parte de forma parecida, aunque no siempre tan importante, en todas las industrias químicas del siglo XVIII y en otras industrias que dependían en gran parte de las transformaciones químicas, como la cerámica y la fabricación del vidrio y del papel.⁶³ La joven ciencia de la geología proporcionó también alguna ayuda a la prospección minera. Pero el otro único invento en el que puede considerarse que la ciencia tomó parte capital fue el de la máquina de vapor. Empezando por un problema que se centraba en el bombeo, la ciencia de los vacíos y de la presión atmosférica había sido ya desarrollada por Galileo, Torricelli, Guericke y Boyle. Huygens la aplicó concienzudamente en un intento de hacer un artefacto de pólvora. Lo mismo hizo su ayudante y sucesor Papin, quien construyó un modelo experimental de una máquina de vapor con cilindro y pistón. La obra de Papin —y naturalmente todos los trabajos científicos de la época— estuvo fácilmente disponible en forma impresa y de otras maneras, y podemos suponer con razón que Newcomen ⁶⁴ sacó provecho de ella a pesar de que no tenemos constancia de si era muy experto en la ciencia.

Smeaton utilizó los métodos de un ingeniero científicamente bien dispuesto en sus trabajos de perfeccionamiento de la máquina

de vapor y de otras fuerzas motrices (véase p. 208). Pero no bastaba la ingeniería informada por el método científico. No fue casualidad que el hombre que descubrió el principal defecto del aparato de Newcomen e inventó y perfeccionó la decisiva inclusión de un condensador separado fuese un constructor de instrumentos científicos (semioficial) de la Universidad de Glasgow, donde Joseph Black estaba desarrollando su teoría del calor latente (1761-1764). Esta teoría como tal podía sólo aportar una pequeña contribución para desentrañar el problema de la máquina de vapor. Pero ciertamente el trabajo de Watt —que comportaba una intensa investigación experimental sobre las propiedades del vapor— fue posible sólo gracias a que vivió y trabajó en un ambiente en que Black y sus colegas (con los cuales Watt estaba en relaciones de amistosa cooperación) estaban tratando constantemente de las propiedades del calor y realizando experimentos sobre ello. El triunfo de Watt dependió del hecho de que sus experimentos eran cuantitativos. La ciencia de la medición del calor (en contraste con la temperatura) era un reciente hallazgo de Glasgow. Asimismo, parece también que las generalizaciones teóricas de Black fueron necesarias para facilitar a Watt la comprensión del resultado de sus experimentos. Una vez expuesto todo ello, es necesario añadir que el esfuerzo científico de los años 1763-1765, cuando Watt concibió su invento, es sobrepasado en mucho por el esfuerzo de los ingenieros, que emplearon más de una década en hacer una máquina práctica.

Aparte de estos casos especiales, los cambios tecnológicos más rápidos de las últimas décadas del siglo siguieron poniendo constantemente de manifiesto otros problemas, a menudo de detalle. Algunas veces pudieron resolverse utilizando un aspecto del conocimiento científico o aplicando un poco de reflexión científica. Los fabricantes emprendedores eran plenamente conscientes de ello y tuvieron buen cuidado de recabar los consejos de hombres de ciencia. No eran ellos quienes empleaban a los científicos, pero procuraban que la vida fuera más grata a todos aquellos señores dedicados a la ciencia que aceptaran estar a su disposición y actuar como consejeros cuando se les requiriese para ello.⁶⁵ Matthew Bulton fue el principal responsable de facilitar la entrada sucesivamente a dos médicos dedicados a la ciencia, William Small y William Withering, de un prós-

pero consultorio de Birmingham. Tomó la iniciativa de abrir una suscripción para dotar a Joseph Priestley de unos ingresos supletorios que le permitieran establecerse en Birmingham como ministro religioso. En uno de sus aspectos —a pesar de que, sin duda, no es ésta la historia completa— la famosa Lunar Society de Birmingham fue simplemente una agrupación de industriales que precisaban de consejo científico: médicos, sacerdotes y otros que pudieran ofrecerlo; James Keir desempeñaba ambas funciones a la vez.

A partir de esta exposición se pone de manifiesto que en el siglo xviii y principios del xix la ciencia no *inició* las orientaciones industriales. Simplemente resolvió algunos problemas creados por la expansión general de la industria. Cuando los antiguos métodos de blanqueo y de obtención del ácido sulfúrico o de la sosa demostraron ser definitivamente inadecuados para satisfacer las necesidades de una industria en crecimiento, entonces y sólo entonces se acudió a la investigación para que buscara otras alternativas. Si, como hemos sugerido anteriormente, la mayor parte de la innovación tecnológica de este período tiene el carácter de una respuesta dada de mala gana a una abrumadora demanda, lo mismo puede afirmarse con doble motivo de la innovación basada en la ciencia. Si la constancia, la buena fe y la destreza pudieron acelerar el proceso o hallar el sustituto que se requería, ya era suficiente. Si, por el contrario, no podían, se invocaba a la ciencia como último recurso.

De ello se deduce que donde se *utilizó* la ciencia, ésta desempeñó un papel absolutamente primordial. El dueño de una blanquería en funcionamiento, que padeciera escasez de suero de leche, *hubiera* podido atinar en la idea de utilizar ácido sulfúrico como sustituto; nunca habría imaginado que el cloro podía suplantar a los campos de blanqueo (!), por no decir que hubiera podido descubrir el cloro él mismo. Ni quien quemaba algas marinas podía imaginar que el producto de su trabajo podría obtenerse también a partir de ingredientes tan inverosímiles como la sal, el carbón y la creta. Para realizar estos descubrimientos fueron absolutamente necesarios ciertos tipos de conocimientos y procedimientos especiales que forman parte de la ciencia. Sin estos descubrimientos, el progreso de la Revolución industrial se habría visto, como mínimo, severamente retardado.

La ciencia, en el sentido en que aquí utilizamos este término

—una ciencia efectiva que podía emplearse para controlar y alterar la naturaleza, así como para comprenderla— había nacido sólo 150 años antes del período que estamos estudiando. Los conocimientos químicos fueron descubiertos en su mayor parte sólo unas décadas antes de ser utilizados. ¿Hemos de considerar, pues, que fue una coincidencia especialmente afortunada que los progresos intelectuales, divorciados en gran parte de los cambios sociales y económicos contemporáneos, habían creado esta ciencia justo a tiempo de evitar que la Revolución industrial quedara ahogada bajo una montaña de tela que era posible tejer pero no blanquear? No disponemos de espacio para tratar detenidamente esta cuestión. El autor puede manifestar solamente su desacuerdo con este punto de vista por más que esté en boga entre los historiadores de la ciencia. En su opinión, fue la revolución científica del siglo xvii la que surgió del impacto del capitalismo en ascenso y de la revolución burguesa sobre el pensamiento cuasicientífico existente.⁶⁶ Los conocimientos químicos, por ejemplo, que tan vitales eran para la industria en el siglo xviii, aparecieron en su momento debido a que los cerebros investigadores de las personas con inclinación a la ciencia estaban también atentos a las diferentes necesidades sociales y económicas de su tiempo. Se produjo una influencia mutua entre ciencia química e industria química.

CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN LA ÚLTIMA FASE DE LA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Evidentemente, no sería posible, en el espacio de que disponemos, presentar un informe completo acerca de los cambios tecnológicos del siglo xix,⁶⁷ y todavía menos exponer los motivos que los promovieron y los efectos que produjeron. Algunos ejemplos de las principales tendencias pueden servir al lector para relacionar los movimientos descritos en otros ensayos de este volumen por lo menos con algunos aspectos de la tecnología. Una consideración más detenida del creciente papel de la ciencia en el cambio tecnológico proporcionará la estructura adecuada para poder identificar estos modelos.

A medida que avanzaba el siglo xix, el papel desempeñado por la ciencia iba a convertirse en mucho más revolucionario.⁶⁸ Muchas

industrias continuaron progresando todavía por el mismo camino de antes y acudiendo a la ciencia sólo como solución desesperada, cuando ya no podían echar mano de otra cosa. En cuanto se refiere a la maquinaria, que a finales de siglo había invadido casi todas las esferas de la producción, siguió siendo cierto que “el típico inventor era normalmente un trabajador o un aficionado que intentaba hallar una disposición más adecuada de las ruedas, rodillos, engranajes y palancas destinadas a imitar los movimientos del operario a mayor velocidad y mediante el uso de la fuerza del vapor”.⁶⁹

La creación de la industria del acero —es decir, de la industria de fabricación de acero lo bastante barato para emplearlo normalmente en vez de utilizarlo sólo para los filos cortantes, hecho que debe considerarse, con mucho, la innovación más importante de la segunda mitad del siglo— poco debió a la ciencia; menos que la revolución del blanqueo sesenta años antes. Sin duda, Bessemer recurrió a un relativo conocimiento científico, pero su invento del “convertidor” para obtener acero a partir del arrabio (1856) se produjo sobre todo gracias a su perseverancia y a su aguda observación de hechos accidentales, junto con su ignorancia —como profano en la industria— de lo que no debía hacerse. Siemens, que desarrolló en la década siguiente la alternativa del proceso de horno abierto, procedía de una familia de ingenieros científicamente expertos⁷⁰ y sin duda utilizó sistemáticamente su educación científica. Pero la principal novedad de su procedimiento —la utilización del calor residual como regenerador— debe más a la ciencia económica que a todo el conjunto de la ciencia natural.

Para obtener acero de buena calidad, ambos procesos requerían que las menas fuesen pobres en fósforo. Por ello, una de las aportaciones más notables de la ciencia a la industria consistió, finalmente, en saber cómo utilizar las menas ricas en fósforo, mucho más corrientes. Sidney Gilchrist Thomas, un joven empleado del tribunal de policía que estudiaba química en una escuela nocturna, se enteró por un profesor de que había una fortuna destinada a quienquiera que pudiese resolver este problema. Puso manos a la obra para hallar la solución por medio del análisis científico, leyendo obras técnicas, visitando fundiciones de hierro cuando el tiempo se lo permitía, y realizando experimentos en un laboratorio instalado en un sótano. Una

vez que hubo hallado la respuesta —un revestimiento interior de caliza magnésica que absorbiera el fósforo—, en 1877 estaba en condiciones de probarlo a pequeña escala con la ayuda de un primo suyo que trabajaba como químico en una fundición de hierro. La producción a escala real empezó en 1879. Dado que esto liberó a la industria de la dependencia de las menas, más bien raras, que no contuvieran fósforo, el proceso de Thomas supuso el inicio real de la edad del acero. En 1890, el 64 por ciento del acero de la Europa continental se obtenía por este procedimiento. En cambio, en Gran Bretaña, sólo el 14 por ciento se obtuvo así. Esto era un síntoma terrible de una actitud conservadora que en este tiempo estaba tomando pie en algunas industrias británicas.

La producción mundial de acero (considerando todos los procedimientos) ascendió desde poco más de medio millón de toneladas en 1870 a casi 28 millones en 1900. El acero sustituyó en gran parte al hierro forjado en los tendidos de vías férreas durante la década de 1870 y en las construcciones navieras en 1890. El primer puente realizado totalmente en acero se construyó entre 1883 y 1890 sobre el Firth of Forth. A partir de 1888 el acero empezó a prevalecer sobre el hierro forjado en los rascacielos y al año siguiente se finalizaba la construcción de la torre Eiffel.

Ninguna de las ideas científicas de Bessemer, Siemens o Thomas es anterior a 1790, lo cual constituye un dato muy significativo de que el factor dominante era todavía la demanda económica más que las posibilidades científicas o tecnológicas. El desarrollo de la industria del aluminio, por el contrario, se llevó a cabo desde los mismos inicios siguiendo una pauta altamente científica. El descubrimiento del proceso de producción electrolítica,⁷¹ realizado independientemente por Hall en Estados Unidos y por Héroult en Francia se produjo en el primer momento tecnológicamente posible (1886), pues dependía de la posibilidad de disponer de energía eléctrica barata. Tuvo que crear, además, su propio mercado. La producción mundial de aluminio era de 7.300 toneladas en 1900 y de 20.000 en 1907, con un largo camino por delante (con las dos guerras mundiales) hasta alcanzar varios millones de toneladas anuales en los últimos años.

Si bien el modelo de desarrollo del acero no fue muy distinto del

modelo característico del siglo XVIII, el crecimiento de las industrias eléctricas presentó algunas novedades sorprendentes. En vez de una abrumadora demanda económica —a menudo para sustituir algún producto cuyo suministro se veía limitado por la misma naturaleza—, que conducía casi necesariamente a las innovaciones tecnológicas —fomentadas por la ciencia si no se podía hallar otro camino—, vemos que el desarrollo de la electricidad se basó en investigaciones científicas con una conexión sólo muy remota (si alguna tuvieron) con la demanda económica. En realidad, el motivo por el que se llevó a cabo la mayor parte de investigaciones sobre la electricidad en el siglo XVIII fue simplemente porque se trataba de una rama de la ciencia aún limpia, y durante el Siglo de las Luces, los caballeros podían dedicarse a ella sin necesidad de ensuciarse demasiado las manos o los vestidos. Estas investigaciones descubrieron posibilidades tecnológicas inimaginables antes de haberse realizado el trabajo científico. En muchos casos, los entusiastas inventores estuvieron experimentando con nuevas máquinas y artilugios mucho antes de que hubiese surgido ninguna demanda económica real. Los experimentos sobre un telégrafo eléctrico, por ejemplo, se iniciaron en 1753.

Cuando en 1800 la "pila" de Volta⁷² proporcionó los medios de producir una corriente estable, el descubrimiento evolucionó de forma más rápida. En 1831, algunos trabajadores como Davy, Oersted y Faraday habían ya descubierto todos los fenómenos que suponía el telégrafo, la luz y la energía eléctrica, así como industrias tales como la galvanoplastia.

Los ferrocarriles crearon —tanto directamente, por sus propias necesidades de señalización, como indirectamente, puesto que siempre ha existido el deseo de unas comunicaciones mucho más rápidas que cualquier transporte asequible— la primera demanda económica que la electricidad iba a abastecer: el telégrafo. Los fenómenos científicos que ello suponía se conocían ya desde unos veinte años antes. Por lo tanto, el auténtico inventor podía ser cualquiera, desde un eminente profesor de física (Wheatstone en Inglaterra) hasta un artista que había asistido a unas pocas conferencias sobre electricidad y sabía cómo echar mano de quienes estaban mejor informados (Morse en Estados Unidos). Después de llevarse a cabo las primeras instalaciones (1837), el empirismo, la buena fe y el dinamismo bas-

taron durante un par de décadas para la expansión del telégrafo. Pero la extensión a escala transatlántica introdujo nuevos problemas cuya solución requirió toda la erudición matemática y física de William Thomson (luego lord Kelvin). En 1866, se vieron coronados por el éxito diez años de intentos, entre los que se incluye el caso típico del hombre "entendido" que, haciendo caso omiso de los consejos de Thomson, se precipitó, en consecuencia, en el desastre.

El invento del teléfono (1876) fue otro resultado de grandes investigaciones científicas, aunque no tanto sobre la electricidad como sobre el sonido, para el cual Bell estaba particularmente bien dispuesto por tradición familiar y por su profesión personal.⁷³ Evidentemente, el teléfono no tuvo demanda alguna hasta después de su invención. Fue uno de los primeros casos de este importante fenómeno de la época actual en que el invento engendra la necesidad.

Casi resulta ocioso añadir que nadie —a no ser que creyera en la magia— podía haber pensado en solicitar un telégrafo o un teléfono, que funcionaran sin hilos, hasta que Maxwell hubo demostrado teóricamente la existencia de lo que hoy nosotros conocemos como ondas de la radio (1864) y Hertz las hubo experimentado prácticamente (desde 1886 en adelante). Entonces las posibilidades se pusieron inmediatamente de manifiesto y varios inventores demostraron al menos la viabilidad de la comunicación por radio antes de los éxitos de Marconi a partir de 1896.

La transformación del movimiento mecánico en corriente eléctrica, realizada por Faraday en 1831, completó los descubrimientos científicos en que se basaba la industria de la luz y de la energía eléctrica. Pero debían transcurrir aún otros cincuenta años antes de que esta industria entrase realmente en funcionamiento. Había otros muchos problemas de ingeniería que resolver antes de que las demostraciones de laboratorio pudieran transformarse en maquinaria económicamente rentable. Pero se ha sugerido que éstos hubieran podido quedar resueltos en una o dos décadas si se los hubiese sometido al intenso ataque que la sociedad industrial en este tiempo podía desplegar mientras permanecían claros sus incentivos. Bernal ha propugnado la tesis de que este retraso se produjo principalmente debido a una estructura económica que no disponía de mecanismos efectivos para impulsar las innovaciones, a menos que éstas pudieran

garantizar una rentabilidad casi inmediata. "Los promotores de los aparatos eléctricos no podían venderlos puesto que no existía una fuente barata de corriente. Al propio tiempo, había pocos estímulos para desarrollar los generadores, puesto que no había demanda de corriente."⁷⁴ En consecuencia, la industria se desarrollaba por una serie de pasos progresivos en cada uno de los cuales una aplicación de la corriente estimulaba alguna mejora en lo referente a los generadores, que proporcionaban energía lo bastante barata como para intentar alguna otra aplicación. Y así sucesivamente.

La primera aplicación industrial fue a la galvanoplastia. Durante las décadas de 1840 y 1850 se estimuló la evolución de los generadores para reemplazar a las baterías, que resultaban costosas en exceso. A finales de la década de 1850 y durante la de 1860, éstas convirtieron la electricidad en un recurso económico para los faros costeros. En consecuencia, de ahí se derivó un nuevo estímulo para mejorar los generadores, que condujo a la sustitución de los magnetos permanentes por electromagnetos. En principio, en 1870 se había establecido la moderna dinamo. El arco voltaico era suficientemente barato para que valiera la pena su instalación en lugares como estaciones de ferrocarril, muelles, teatros, fundiciones de hierro y mercados. Quedaba por solucionar el problema de la "subdivisión de la luz", que se resolvió hacia 1880 mediante la lámpara de filamento incandescente, descubierta (independientemente) por Swan en Inglaterra y Edison en Estados Unidos.⁷⁵ También Edison dio los toques finales al generador y resolvió en gran parte el sistema de distribución.

La lámpara incandescente, que convirtió la electricidad en un bien de consumo, proporcionó el tipo de demanda al cual respondía más ansiosamente el capitalismo del siglo XIX. Asimismo, la industria de suministro eléctrico experimentó un *boom* en la década de 1880. Con el consumo ya asegurado, se realizaron rápidas mejoras en los generadores, en la transmisión y en la distribución, e inmediatamente pudo utilizarse la electricidad para muchos otros fines (que pronto consumirían más energía que el alumbrado): trenes y tranvías eléctricos (a partir de la década de 1880), la producción de aluminio (véase p. 244) y otros procesos electroquímicos que dependían de enormes suministros de energía, el horno eléctrico en la me-

talurgia, y en los primeros años del siglo XX —pues sólo muy lentamente se vieron las posibilidades de este campo para la industria—, el suministro de energía en pequeñas unidades, en los talleres industriales y finalmente para el uso doméstico. No es necesario recalcar los efectos económicos que permitieron a la industria alejarse de las minas de carbón y brindaron a las pequeñas unidades industriales una nueva posibilidad de competir con la gran industria.

En términos puramente de tiempo y esfuerzo, en el proceso de innovación, la ingeniería empírica todavía era mucho más importante que la ciencia, incluso a finales del siglo XIX. Pero en una mirada retrospectiva es del todo evidente que tan sólo unas décadas antes la civilización industrial había empezado a orientarse hacia una nueva fase, en la cual el futuro estaría en manos de aquellas personas, de aquellas compañías y de aquellas naciones que mejor uso hicieran de la ciencia. Incluso en una fecha tan temprana como las décadas de 1840 y 1850 ya lo habían profetizado unos pocos hombres clarividentes. Vamos, pues, a pasar a otro campo en el que los efectos económicos de la aplicación o no de la ciencia resaltaron con mayor claridad: la industria de los colorantes sintéticos.

En la década de 1850, la química orgánica (de los componentes del carbono) se hallaba en un proceso de rápido tránsito desde un tipo de cocción ingeniosa hacia una ciencia con una base teórica bien establecida. En 1856, William Henry Perkin, que investigaba con juvenil entusiasmo la forma de obtener quinina sintéticamente, descubrió en cambio un tinte brillante y resistente al desteñido, llamado luego "malva", que podía obtenerse mediante un procedimiento relativamente simple a partir de materias primas abundantes en el alquitrán de la hulla. Cansado de recibir pocos ánimos por parte de los fabricantes y usuarios de tintes, emprendió él mismo la fabricación y, a pesar de la novedad que suponía todo el proceso y su propia ignorancia de la química industrial, lanzó el tinte al mercado en 1857. Se iniciaba así la industria de los tintes sintéticos, que fue la base de la aplicación industrial de la química de síntesis. Fue el primer caso importante de toda una nueva industria que procedía de forma directa e inmediata de un descubrimiento científico.

No se había producido anteriormente una demanda efectiva de materias colorantes sintéticas. A pesar de las vagas profecías ocasiona-

les por parte de eminentes químicos deseosos de proclamar la importancia de su vocación, nadie había ni tan sólo intentado recurrir a ellos. La nueva industria creaba un mercado para sus mercancías a una escala totalmente impensada, debido solamente a que proporcionaba los productos a un precio y sobre todo de una calidad que nadie había ni siquiera imaginado antes del descubrimiento de Perkin.

En un apresurado intento de sacar provecho de las nuevas oportunidades, se produjeron en los años siguientes muchos otros colorantes. El siguiente paso importante fue la primera síntesis de un colorante que previamente se había obtenido a partir de fuentes naturales: la alizarina, el colorante de la granza. En la competencia para obtener la patente, tres químicos alemanes se adelantaron a Perkin por un día (en 1869), pero Perkin fue todavía el primero en sacar la producción. Algunas cifras ⁷⁶ sobre la alizarina nos pueden servir como ilustración del impacto económico de la nueva industria. Antes de 1869, las importaciones británicas de granza variaban de un monto anual del orden de las 750.000 a un millón de libras. En 1878, las importaciones habían descendido a 1.700 toneladas. La competencia de los tintes sintéticos había hecho bajar los precios desde unas 45 libras por tonelada hasta 10 libras; de hecho, eran ya insignificantes. En 1880, la producción mundial de pasta de alizarina sintética (de una pureza del 10 por ciento) era de 14.000 toneladas, a 122 libras, lo que suponía un monto total de 1.700.000 libras. Ello equivalía aproximadamente a 126.000 toneladas de granza,⁷⁷ que, al precio de antes de 1869, habría costado unos 5.700.000 libras, lo que suponía un ahorro de cuatro millones de libras sólo en un tinte.

El añil sintético, puesto al mercado en Alemania en 1897 después de más de treinta años de investigaciones por parte de los químicos alemanes, puede considerarse como el punto culminante en los logros de la industria de los colorantes. En el plazo de diez años casi había reemplazado totalmente al producto natural. Las consecuencias fueron catastróficas para algunas regiones de la India.

Como podría colegirse de los dos párrafos anteriores, esta industria, que se inició en Gran Bretaña, en dos o tres décadas casi se había convertido en un monopolio alemán. En 1870 Gran Bretaña producía 40 toneladas de alizarina; Alemania menos de una tone-

lada. Al año siguiente, Gran Bretaña llevaba todavía la delantera, pero por una proporción sólo de 220 toneladas contra 150. En 1873, la producción inglesa fue sólo de 435 toneladas, mientras que la alemana era ya de 1.000. En 1883, Gran Bretaña importaba los dos tercios de su alizarina. La producción mundial de colorantes sintéticos en general, que había partido de cero en 1856, alcanzaba las 400.000 libras en 1862; la mayor parte era británica y alguna francesa. En 1878, su valor era de 3.150.000 libras, de las cuales 450.000 eran británicas y dos millones alemanas. Las estadísticas elaboradas a partir de las más representativas firmas inglesas de tintes durante las décadas de 1880 y 1890 mostraban que eran pocas las que utilizaban un 10 por ciento como máximo de colorantes de producción nacional. En 1900 Alemania detentaba el 90 por ciento del mercado mundial.

Esta victoria comercial se basaba en una "toma del poder tecnológico". Entre 1886 y 1900, las seis empresas alemanas más importantes sacaron 948 patentes británicas, mientras que las seis mayores empresas británicas sacaron 86 patentes. La industria alemana trabajaba con unas normas de producción más elevadas. Los tintoreros no albergaban ninguna duda de que los colorantes alemanes eran de superior calidad y ofrecían mayor valor en dinero. En todo lo referente a esta industria, Gran Bretaña tenía la apariencia de un país subdesarrollado con una economía "colonial", pues exportaba a Alemania materias primas (en forma de productos primarios o intermedios del alquitrán de hulla) y compraba como contrapartida, a dicho país tintes acabados y muy costosos. En estos últimos años se ha puesto de moda estudiar los primeros pasos de la Revolución industrial con miras a facilitar el "despegue" de los países subdesarrollados hacia un "crecimiento sostenido". El estudio de estas etapas posteriores podría asimismo proporcionar valiosas lecciones sobre cómo los países desarrollados pueden evitar una "caída en picado" hacia un estadio de subdesarrollo.

Es fácil descubrir las razones más superficiales por las que Alemania fue capaz de arrebatarse la industria sintética de manos de Gran Bretaña. Sus fábricas eran totalmente modernas y su producción muy racionalizada. Estaban preparadas para hacer grandes inversiones de capital. En 1900, las seis firmas más importantes de Alema-

nia contaban con un capital de unos dos millones y medio de libras esterlinas, mientras que el total del capital británico invertido en la industria probablemente no llegaba al medio millón. Los industriales alemanes procuraron por todos los medios asegurarse de que dispusieran de suficientes talentos científicos trabajando para ellos. Las mismas seis empresas más importantes empleaban en 1900 a 18.000 operarios, 1.360 en el personal de comercio, 350 ingenieros y técnicos y 500 químicos. El número de químicos en toda la industria británica de colorantes se estimaba en el mismo período entre 30 y 40. Además, los químicos alemanes eran, por lo general, fruto de una educación más avanzada que sus correspondientes británicos. La industria alemana empleaba a varios hombres que podrían haber figurado en la lista de los más importantes químicos de todo el mundo, mientras que la industria británica (si exceptuamos a Perkin, que se retiró pronto) no captó a ningún científico eminente.

A un nivel algo más profundo, la cuestión de por qué los promotores de la industria se comportaron de forma tan distinta en Alemania y en Inglaterra nos llevaría a considerar la obtención de la unidad nacional alemana en 1871 y los esfuerzos plenamente conscientes del gobierno alemán (antes de 1871 de los gobiernos de varios estados, especialmente de Prusia) para fomentar e incluso *forzar* a las industrias nacientes a compensar los tres siglos de atraso y desunión económica. Se podría exponer, por ejemplo, cómo se permitió primero que las leyes de patentes fuesen ineficaces, facilitando a las nuevas industrias la piratería de los descubrimientos ingleses y franceses, y cómo luego fueron restringidas para evitar el espionaje en sentido contrario.⁷⁸ Se podría indicar el papel desempeñado por los bancos, con la garantía del estado, para proveer de capital a las industrias químicas alemanas a una escala que no podía ser igualada en Gran Bretaña, donde todavía primaban totalmente los inversores privados.⁷⁹ La estructura a gran escala que se derivó de ello proporcionó grandes ventajas a la industria alemana en cuanto a su financiación y utilización de las investigaciones y permitió ofrecer a los clientes una gama completa de colorantes, mientras que las firmas inglesas podían ofrecer sólo unos pocos.

En Gran Bretaña, tres generaciones de "hombres prácticos" habían estado realizando pingües ganancias, pero ni siquiera se vislum-

braba el papel desempeñado por la ciencia. Podía esperarse con toda seguridad que seguirían funcionando los métodos que habían convertido a Gran Bretaña en el taller del mundo. ¿Para qué correr un riesgo (como podría parecer) con las geniales ideas de los sabelotodos de laboratorio? Los alemanes, por otra parte, no tenían esperanza alguna de superar las desventajas de un comienzo tardío, a no ser que utilizaran al máximo la ciencia y se concentrasen, cuando fuera posible, en las industrias basadas en la ciencia. El liderazgo industrial se puso en manos de los científicos, no de los financieros. Incluso los bancos tenían sus propios consejeros científicos.

Pero hasta ahora apenas hemos profundizado más allá de la superficie. Por muy dispuestos que estuvieran los empresarios a emplear a los químicos y a desarrollar una industria basada en la ciencia química, y por mucha que fuese la voluntad del gobierno para promocionar estos esfuerzos o de los bancos para financiarlos, no se habría podido obtener absolutamente nada si el sistema educativo no hubiese proporcionado un número suficiente de químicos con un nivel bastante elevado de conocimientos. Alemania pudo hacerse con la industria de los colorantes sólo gracias a su primacía mundial en la ciencia de la química orgánica durante más de veinte años antes del original descubrimiento de Perkin. Con manifiesta evidencia, la ciencia alemana, durante las décadas de 1830, 1840 y 1850, no se desarrolló con el propósito de servir a la industria por la sencilla razón de que casi no existía ningún tipo de industria al cual pudiera servir.

Las causas de esta preeminencia de la química no eran económicas. Sus orígenes deben hallarse en el orgullo nacional alemán, que intentaba reafirmarse a sí mismo después de las vejaciones de la derrota napoleónica. Los caminos "normales" hacia la grandeza —el poder industrial, el imperio de la construcción y otras cosas parecidas— debieron permanecer inviables hasta que se hubo resuelto de alguna forma el problema de la unidad nacional. Asimismo —como única posibilidad que permanecía viable— se desarrolló un poderoso movimiento para demostrar la grandeza alemana por medio de un gran esfuerzo intelectual. Se ponía el énfasis en el *esfuerzo*, en el cuidado de la erudición e investigación en cualquier campo donde es más importante la infinita capacidad de empeño que cualquier otro sentido de la palabra "genio". Esta descripción se aplica con la

mayor propiedad a la química orgánica.

Justus Liebig estudió química en las extraordinarias escuelas que habían nacido de la Revolución francesa y regresó a su país en 1824. Era plenamente consciente de la inferioridad alemana y estaba totalmente decidido a remediarla. La escuela de química orgánica por él fundada fue la que finalmente hizo posible la victoria alemana en los colorantes.

Liebig y sus discípulos tenían una fe ciega en los beneficios prácticos que se iban a derivar de sus investigaciones químicas. Pero a pesar de que éstas podían realizarse en Alemania, su aplicación práctica debía llevarse a cabo en otra parte. Después de haber realizado notables progresos en la química aplicada a la agricultura, Liebig se dirigió con esperanza a Inglaterra para ponerlos en práctica. Sus discursos, informes y presiones dieron finalmente por resultado la fundación del Royal College of Chemistry en 1845. Su primer catedrático fue uno de sus mejores discípulos, August Wilhelm Hofmann, quien inmediatamente cambió el trabajo del Colegio pasando de la química agrícola a la química del alquitrán mineral. Bajo las enseñanzas de Hofmann, y bajo el estímulo de una observación de Hofmann referente a la química, Perkin hizo su descubrimiento de la malva. Así que, en cierto sentido, hasta los primeros balbuceos de la industria del tinte sintético fueron más alemanes que ingleses.⁸⁰

Mientras tanto, en su país, Liebig estaba porfiando constantemente para obtener mayores facilidades para una educación científica. El gobierno de Prusia, ya decidido en su camino hacia el imperio prúsico, pensando en la industrialización e indudablemente impresionado por los éxitos obtenidos por Hofmann y sus discípulos en Inglaterra, estaba decidido a establecer magníficos laboratorios químicos en las universidades de Berlín y Bonn⁸¹ y a llamar a Hofmann para que los planificara y se hiciera cargo de la cátedra de Berlín en 1865. A partir de la década de 1860, los institutos politecnicos, también con el apoyo del gobierno, llevaron a cabo la formación de ingenieros y químicos. Su nivel era casi tan elevado como el de las universidades, aunque se desarrollaban en una línea más profesional. A partir de estas instituciones —constantemente mejoradas y, desde 1871, todavía con mayor ayuda estatal— se originó un potente causal humano disponible que permitió a la industria alemana del colo-

rante avanzar con gran ímpetu y rapidez. En la década de 1880, sólo la universidad de Munich tenía unos 50 estudiantes que investigaban y trabajaban a las órdenes de Von Baeyer, uno de los pioneros del añil sintético. En cambio, desde la partida de Hofmann de Gran Bretaña, ésta no dispuso de una cátedra de química orgánica hasta 1874. No es de extrañar, pues, que se perdiera tan rápidamente la primacía de la industria.

A partir de la década de 1880, la industria de tintes sintéticos dio pie a la industria química sintética en general, con la fabricación de fármacos como la aspirina, novocaína, veronal (el primero de los barbitúricos) y salvarsan (al que siguieron en la década de 1930 las sulfamidas y, en general, el florecimiento de la quimioterapia), perfumes y condimentos sintéticos, la sacarina e innumerables productos diversos. En casi todos los casos Alemania tomó la iniciativa y fue necesario librar una dura y larga batalla en los años de entreguerras para que Gran Bretaña y Estados Unidos pudieran ponerse a su nivel, no sin haber reconocido por fin su insensatez.⁸² Aun así, los alemanes se adelantaron en el período de entreguerras, en el campo de la goma sintética, teniendo como único rival considerable al nuevo estado ruso. Mientras tanto, su potencia química permitió a la I. G. Farbenindustrie organizar una red internacional de carteles que fue quizás el arma secreta más eficaz de Hitler durante la segunda guerra mundial.⁸³ Quizá basten estas pocas líneas para dar una somera idea de las consecuencias que se derivaron del hecho de haber permitido que la química orgánica se convirtiera virtualmente en un monopolio alemán.

No todos los casos en que Gran Bretaña perdió la iniciativa tecnológica pueden explicarse en términos de la utilización de la ciencia o de la educación. La primacía americana de la producción masiva de sistemas de ingeniería, por ejemplo —que finalmente dieron como resultado la gran expansión de artículos de consumo duradero— se originó sobre todo como respuesta de dicho país a la escasez de mano de obra cualificada. Para ponerse al día —y en primer lugar para no quedarse luego a la zaga—, Estados Unidos tuvo que hallar la manera de sustituir a los rutinarios productores por artesanos y preparar obreros especializados para las máquinas. Gran Bretaña, y en general toda Europa, disponía de mejores recursos de experiencia

y perdió el tiempo con los antiguos métodos hasta que hubo quedado bien establecida la preponderancia americana.

Sin embargo, la historia de la industria de los colorantes dio una lección que se ha venido repitiendo a menudo desde entonces: para mantener los progresos tecnológicos en las condiciones que ya se estaban alcanzando a finales del siglo xix, la industria no sólo tenía que echar mano generosamente de la ciencia (lo que supone que en su dirección deberían haber intervenido hombres cualificados científicamente), sino también del sistema educativo que proporcionara los científicos e ingenieros experimentados, que deben establecerse con una generación entera de adelanto.⁸⁴

REVOLUCIONES INDUSTRIALES:

SEGUNDA PARTE

7. "Transición hacia la crisis"

MARCOS KAPLAN,
"Transición hacia la crisis"

El análisis efectuado hasta ahora se refiere al surgimiento, la estructura y la dinámica del Estado en América Latina, como resultado y como agente de la aplicación de un modelo de crecimiento dependiente, en un régimen de economía liberal, dentro del cuadro de un desarrollo capitalista internacional. Este proceso se prolonga aproximadamente hasta fines del siglo XIX. Desde comienzos del siglo XX hasta la crisis de 1929 se van produciendo transformaciones en las metrópolis y en el sistema internacional, y cambios concomitantes en América Latina, que conforman una etapa de transición y prefiguran la etapa de crisis estructural.

En lo que sigue se analizan sucesivamente las modificaciones en el sistema internacional, sus implicaciones para América Latina, y los aspectos específicos del proceso para Chile, Argentina, Brasil y México.

A. Modificaciones en el sistema internacional

A partir del último cuarto del siglo XIX, poco más o menos, el capitalismo entra en una Segunda Revolución Industrial, que resulta más veloz, totalizadora e impactante que la primera, en sí misma y por sus repercusiones mundiales. Constituye un decisivo punto de viraje, a partir del cual los problemas de hoy comienzan ya a presentar un perfil visible y da comienzo la historia estrictamente contemporánea.

La Segunda Revolución Industrial presenta, en efecto, características especiales que la diferencian de la primera, respecto de la cual constituye a la vez la continuidad y un salto cualitativo. Tiene un carácter más científico, y una menor dependencia relativa del empirismo. La ciencia y la tecnología inciden decisivamente en la organización y funcionamiento de las economías y sociedades nacionales —metrópolis y dependencias—, y en el sistema internacional en su conjunto. Las ciencias pro-

gresan rápidamente, sufren una profunda transformación interna y aumentan sus influencias mutuas y sobre la tecnología, la industria, la agricultura, el transporte, las comunicaciones, la estructura económica, la estratificación social y el sistema de poder. El progreso científico-tecnológico posibilita una producción más eficiente de los bienes y servicios ya existentes y de otros nuevos, con resultados sin precedentes en cuanto a la velocidad y a los ámbitos de influencia (todos los aspectos y niveles de la organización, la producción, la existencia y la cultura, y a escala planetaria).

Las fuentes de energía, luz y calor se amplían con el petróleo y la electricidad y, en relación con ellos, se produce la invención del motor a explosión y del motor eléctrico. La siderurgia y la metalurgia reciben nuevo impulso. El acero se vuelve material industrial de bajo costo y de primera importancia, y tras él adquieren uso y valor crecientes el aluminio, el níquel, el cobre, el plomo. El progreso de la siderurgia y de la metalurgia contribuye al avance de las industrias mecánicas, de la construcción y del transporte (navegación, automotores, aviación). La industria química experimenta un adelanto decisivo, que se proyecta en la producción de anilinas y tejidos sintéticos y en la agricultura. La importancia relativa de las diferentes ramas industriales en la economía mundial se modifica profundamente en favor de algunas de ellas (acero, construcción mecánica, automotores). Los adelantos de la medicina, de la higiene y de la nutrición reducen la tasa de mortalidad y determinan un considerable aumento de la población —que contrarrestan luego los factores mencionados más adelante—, absorbido predominantemente por las ciudades. La aplicación de las nuevas ciencias y técnicas a la agricultura (química, mecanización) expande su productividad, posibilitando abastecer a bajo costo a las poblaciones industriales y urbanas.

Monopolio e imperialismo

La Segunda Revolución Industrial opera como solvente del capitalismo liberal clásico y como catalizador del capitalismo monopolístico e imperialista que lo remplacea. Crea una nueva sociedad urbano-industrial en las metrópolis y, en grado decreciente, bajo formas dependientes, desiguales y combinadas, la proyecta desde aquellas hacia el resto del mundo. Da un poderoso impulso a la centralización y a la concentración de

capitales y empresas; nuevas técnicas e instalaciones (acero) y nuevas industrias (aluminio, química, aparatos eléctricos, automotores) las exigen y posibilitan a la vez. La masa de equipos y su alto costo requieren enormes inversiones, que solo las grandes empresas están en condiciones de efectuar. Las nuevas técnicas favorecen, además la concentración al permitir la sincronización de la producción fabril (subdivisión creciente del trabajo, operación en cadena). La centralización y la concentración se dan precisamente en las industrias más nuevas y en los países adelantados que, por iniciar más tarde su desarrollo industrial, solo adoptan los aspectos y elementos más modernos de la estructura productiva (Alemania, Estados Unidos, Japón, Rusia, Italia). A partir de las nuevas industrias y de los centros recientemente desarrollados, la centralización y la concentración se propagan en todas direcciones, hacia ramas y regiones hasta entonces relativamente marginales revelándose en los porcentajes de absorción por las grandes empresas sobre el total de las inversiones en capital fijo, personal, producción, beneficios e ingresos. Esta concentración aumenta la capacidad competitiva de las grandes empresas con respecto a las medianas y pequeñas, que son liquidadas, reducidas a la subordinación o totalmente absorbidas; contribuye al aumento de las posibilidades de crisis de superproducción, para reducir las cuales, o sus efectos, se recurre a la racionalización y a la gestión unificada de las empresas que, una vez más, refuerzan la tendencia a la concentración. Esta se vuelve irreversible. La urbanización, el surgimiento y la expansión de áreas metropolitanas y de regiones urbano-industriales es uno de los resultados de la concentración empresarial (necesidad de gran cantidad de mano de obra, diversificación inducida de la estructura socioeconómica) y a la vez la refuerza (mercado de masas).

Las enormes inversiones en capital fijo implican amortizaciones rápidas y regulares, aumento de los riesgos y la consiguiente necesidad de mantener estabilizados a niveles altos los precios y los beneficios. En defensa de estos, las grandes empresas evitan la lucha ruinosa, y reducen su competencia mutua mediante acuerdos en los sectores fundamentales de la economía. El capitalismo de las empresas individuales de pequeño o mediano tamaño es remplazado por el de las firmas gigantes. Al régimen de libre competencia sucede el del monopolio, casi simultáneamente en la industria y en la banca. La centralización y la concentración industrial y bancaria se refuerzan mutuamente, y su entrelazamiento da origen al ca-

pital financiero como forma dominante de la economía, la sociedad y la vida política. El proceso monopolístico adopta una amplia gama de formas, que van desde los acuerdos de caballeros, pasando por los convenios de precios, los *pools*, los cárteles, los trusts, los *holdings* y consorcios, hasta la fusión completa de empresas.

A través del monopolio y del oligopolio, las empresas gigantes, eliminando o reduciendo la competencia, logran mantener y aumentar sus precios de venta y sus tasas de beneficios, alcanzando niveles superiores a los de los precios de producción y beneficios promedios. A ello agregan las posibilidades que otorga la mayor eficiencia económica. La gran dimensión confiere una posición superior en el mercado para el logro de bienes, servicios, fuerza de trabajo, especialistas, la discriminación favorable de precios y tarifas, y de fuentes de recursos financieros. Posibilita también la racionalización intensiva de la producción, la aplicación sistemática de descubrimientos técnicos, el mejoramiento de la organización del trabajo, el aumento del rendimiento, la disminución de los costos y las mejoras de calidad. El monopolio produce efectos de dominación irreversibles en lo económico, en lo social y en lo político. Las grandes empresas fijan precios mínimos, imponentes por una coacción de hecho; discriminan los precios por categorías de consumidores; recurren exitosamente al *dumping*; ejercen controles de exclusividad. Regulan la aplicación del progreso técnico (patentes) y el mercado de trabajo, el volumen de la ocupación y el nivel de las remuneraciones. Influyen decisivamente sobre la vida política, el Estado, la cultura y la ideología.

El monopolio introduce factores de rigidez y de irracionalidad en el sistema económico. El aumento del capital fijo resta a la gran empresa capacidad de adaptación frente a las fluctuaciones coyunturales y estructurales, especialmente en momentos de crisis. La economía llega a componerse de zonas de diferente plasticidad, con una menor plasticidad de conjunto. Los consorcios monopolistas son propensos al conservadurismo malthusiano. Frenan el progreso técnico y económico. En función de los niveles buscados de precios y de ganancias, limitan deliberadamente la producción para hacerla absorbible por la demanda solvente. Suprimen o retrasan la aplicación de innovaciones tecnológicas. Crean y refuerzan nuevas formas de parasitismo —v. gr., las que surgen de la creciente disociación entre los proveedores de fondos y los organizadores financieros (rentistas), por una parte, y los dirigentes técni-

cos efectivos, por la otra; en otras palabras, entre la propiedad y la gestión.

La competencia no desaparece de hecho. Se reproduce en un nivel más alto y de manera exacerbada; en la esfera interna, entre los consorcios monopolistas, y entre estos y las empresas no monopolizadas; y en el plano internacional, a través de las luchas interimperialistas.

El monopolio va acompañado, en efecto, por la emergencia del imperialismo de tipo capitalista. Aquel acelera la aparición de excedentes de capitales en los países desarrollados, con la perspectiva de tasas descendentes de beneficios, y tiende a buscar con creciente urgencia su inversión en países menos desarrollados, donde la abundancia de mano de obra barata permite un menor uso proporcional de capital fijo y una sobreexplotación que se traduce en ganancias superiores a las obtenibles en las metrópolis. A la exportación de mercancías, característica de la etapa capitalista previa, se agrega ahora, como rasgo dominante, la exportación de capitales, que se entrelaza con la primera sin eliminarla. La exportación de capitales se ve naturalmente favorecida por la revolución simultánea en los trasportes y comunicaciones internacionales. La motivación básica de la expansión inversora se une a otras, también significativas. La industria europea, devoradora de materias primas, y obligada a nutrir una creciente población fabril y urbana, se lanza hacia las regiones menos desarrolladas y más dependientes, en busca de níquel, nitratos, cobre, plomo, caucho, petróleo, alimentos. El ámbito extrametropolitano de producción primaria se extiende cada vez más hacia tierras tropicales y subtropicales. Los países dependientes, semicoloniales y coloniales proporcionan mercado para la producción industrial de las metrópolis, y ocupación y posibilidades de enriquecimiento para sus soldados, administradores, concesionarios y contratistas. El prodigioso desarrollo científico y tecnológico tiende a romper el equilibrio de fuerzas entre las grandes naciones, y la expansión es un modo de restablecerlo en el plano mundial. El impacto de la prolongada depresión desde 1873 hasta 1896 estimula también la apertura al mundo como mecanismo compensatorio.

Esta dinámica expansiva modifica la acción económica, política, diplomática y estratégica de las grandes potencias europeas, de Japón y de Estados Unidos. Sus monopolios y sus gobiernos se lanzan a una carrera desenfrenada en la cual cada uno busca, a expensas de sus competidores, preservar el propio ámbito nacional e invadir el ajeno; apoderarse de

nuevos territorios (fuentes de materias primas y mano de obra, mercados, zonas de inversión); obtener y proteger un flujo continuo de amortizaciones, intereses y dividendos a partir de las implantaciones y mecanismos colonialistas. Ello da contenido y significado a la época de ascenso imperialista, que se extiende desde 1875, aproximadamente, hasta 1914.

El imperialismo opera como movimiento mundial que abarca a todos los países industriales y se ejerce sobre todo el planeta. Gran Bretaña, Francia, Alemania, Rusia, Japón, Estados Unidos, se reparten el mundo, a través de modalidades coloniales directas o por la creación de zonas de influencia sobre países formalmente independientes. En menos de una generación, un quinto de la superficie y un décimo de la población del globo son acaparados por ellos, especialmente en África, Asia y Oceanía. El imperialismo comienza a concretar la integración mundial, como unidad en que todo interactúa y afecta a todo. La interconexión económica y financiera a nivel universal alcanza un grado sin precedentes. La división del trabajo, la socialización y la internacionalización de la producción se cumplen a escala global. El mercado mundial, donde hasta 1914 los bienes, capitales y personas circulan libremente, a través de una red cada vez más densa y efectiva de trasportes y comunicaciones, se rige por precios también mundiales.

Esta aparente realización del viejo sueño liberal apenas encubre, sin embargo, un contenido real que lo condiciona y contradice. El proceso se cumple por el impulso, bajo el control y en beneficio de las burguesías imperialistas. Estas exportan el capitalismo monopólico hacia la periferia dependiente y colonial, y la someten a una dominación y una expoliación desenfrenadas, utilizando su propio poderío económico, político y militar, el progreso de los trasportes y de las comunicaciones, las innovaciones tecnológicas, la eficiencia de la moderna organización empresarial. Los cárteles internacionales se extienden por las más diversas ramas y regiones, se reparten el planeta. Dominan naciones enteras (*company countries*), especializan y deforman sus estructuras socioeconómicas, controlan e instrumentan sus organizaciones tribales y políticas (colonias) o sus Estados (dependencias). Las grandes potencias aumentan enormemente su fuerza y autoconciencia, y la brecha entre ellas y el resto del mundo no hace más que incrementarse hasta 1914.

Tras los hechos del imperialismo llega su doctrina. La expansión colonial es presentada como responsabilidad y carga del hombre blanco, tarea civilizadora a ejercer con las razas in-

feriores. El nacionalismo patriótico exalta la propia seguridad de cada metrópoli y el militarismo que sirve sus intereses. El liberalismo económico pierde prestigio e influencia real por la emergencia de un neomercantilismo, que ve en el imperio la base indispensable de autosuficiencia nacional que permite sobrevivir en un mundo de feroces competencias, y que lleva de hecho a liquidar el librecambio en las metrópolis y en las colonias. Los países industriales se esfuerzan por establecer combinaciones bilaterales de intercambio y grupos coloniales y semicoloniales propios: el Imperio Británico, el sistema colonial francés, la estrategia expansionista alemana en Europa central y en el Cercano Oriente («*Mittel Europa*», «*Drang nach Osten*»), las áreas comerciales de Estados Unidos y de Japón. La integración económica internacional va acompañada por la fusión de las principales regiones del planeta en un sistema político universal, donde —ya no en Europa— se van tomando y poniendo en práctica en grado creciente las grandes decisiones.

El imperialismo posibilita la expansión capitalista durante cuarenta años. Al mismo tiempo, crea y multiplica tensiones y conflictos, y nuevos centros de gravedad en el sistema internacional, y comienza a encontrar límites. El reparto del mundo concluye a principios del siglo xx, con la división de China en esferas de influencia para las principales potencias. La única alternativa disponible para las grandes naciones que han entrado tarde en la arena mundial es la redistribución de lo ya repartido. Las luchas de competencias y la modificación de las relaciones de fuerzas entre las potencias amenazan largo tiempo con desembocar en conflictos armados, y llevan finalmente a la conflagración de 1914.

La crisis bélica

La guerra de 1914-1918 es a la vez resultado y agente efectivo en el proceso de lucha interimperialista. Refleja modificaciones significativas en el equilibrio entre las grandes potencias, y entre Europa y el resto del mundo, y lleva esas modificaciones a un desenlace trascendente. La comprensión del significado de esa guerra y de sus consecuencias exige un somero análisis de los cambios producidos, especialmente los referentes a la nueva situación de las grandes potencias, en sí mismas y en relación con el sistema global.

En la expansión capitalista del siglo xix, Gran Bretaña se

erige y opera como potencia dominante y taller industrial del mundo, primera en la compra de materias primas, en la venta de producción manufacturera, en la inversión de capitales. Hasta 1860 es prácticamente el único país que invierte en el exterior. Aun en 1914, las inversiones británicas representan un 42 % del total mundial de inversiones extranjeras (18.000 millones y 44.000 millones de dólares, respectivamente). Provee y regula en la City, primer centro financiero mundial, las más decisivas corrientes de capitales, a través de una red que en 1914 comprende cerca de 3.000 agencias bancarias en todo el planeta. Posee la principal marina mercante y de guerra. Encabeza la expansión colonizadora mundial gracias a su capacidad productiva, comercial y financiera, a sus buques de guerra y a sus regimientos, y al ariete espiritual de sus ideólogos y misioneros. «Era tan absoluta esta supremacía que apenas necesitaba de control político para operar. No quedaban [hacia 1850] otros poderes coloniales, excepto por gracia de los británicos, y por lo tanto estos no tenían rivales... Nunca en toda la historia una sola potencia ha ejercido una hegemonía mundial como la británica a mediados del siglo XIX, pues incluso los grandes imperios y las hegemonías del pasado han sido meramente regionales —la china, la musulmana, la romana—. Nunca desde entonces ha logrado una sola potencia restablecer una hegemonía comparable, ni es probable que ello se logre en un futuro previsible, pues ningún poder ha podido desde aquella época reclamar el status adecuado de taller del mundo...» (E. J. Hobsbawm, *The age of revolution, 1789-1848*, págs. 355-56).

La futura decadencia de Gran Bretaña, sin embargo, fue prevista ya en las primeras décadas del siglo XIX. Alexis de Tocqueville predijo que Estados Unidos y Rusia se convertirían en potencias gigantescas. Friedrich Engels, hacia 1844, advirtió la competencia temible de Alemania. A partir de 1875 se vuelve perceptible el retroceso relativo de Gran Bretaña con relación a países ubicados dentro y fuera de Europa —Alemania, Estados Unidos, Japón—, que ya inician, con ritmos y alternativas variables, un ascenso rápido y amenazador para la hegemonía británica.

Adormecida en el disfrute de su posición imperial privilegiada, gran intermediaria y usurera del mundo, Gran Bretaña se va atrasando en la competencia económica internacional. La productividad de su aparato tecnológico crece muy lentamente, y de hecho se estanca respecto de nuevos y más dinámicos rivales. La participación británica en la produc-

ción industrial se reduce; en lo que atañe al hierro baja del 50 al 12 % entre 1870 y 1913. Sus industrias mineras, especialmente la del carbón, se vuelven cada vez más atrasadas e ineficientes. La tendencia a la baja de los precios, que se prolonga desde 1874 hasta 1896, y una cierta mejoría en las remuneraciones de los asalariados, reducen los beneficios y el ritmo de las inversiones industriales. La Segunda Revolución Industrial le hace perder definitivamente su preponderancia casi monopolítica en la producción. Así, el desplazamiento del carbón por el petróleo la perjudica con relación a Estados Unidos, poseedor de vastas reservas de combustible líquido. La creciente competencia de Alemania y de Estados Unidos priva a Gran Bretaña de mercados, determina una velocidad decreciente en el desarrollo de su producción y de su comercio exterior, contribuye a generar la desocupación y la disminución de las remuneraciones obreras.

Frente a esta situación, y sobre todo frente a la amenaza alemana, Gran Bretaña reacciona en una doble dirección. Por una parte, tiende a reforzar los lazos con su Imperio, que en 1914 concentra el 47 % de las inversiones exteriores británicas, contra un 20 % en Estados Unidos, un 20 % en América Latina y un 6 % en Europa.

Ello no se produce sin que surjan dificultades. Los dominios blancos de la corona (Canadá, Australia, Nueva Zelandia) no aceptan la necesaria identificación de intereses entre ellos y la metrópoli; reclaman una mayor autonomía; desconfían de la capacidad de aquella para salvaguardar la unidad del Imperio y satisfacer las necesidades mínimas de sus componentes; especulan sobre las implicaciones de los cambios en marcha dentro del sistema mundial, y no son indiferentes al ascenso de Estados Unidos. En los restantes dominios, de población amarilla y negra, aparecen los gérmenes de la insatisfacción y de la rebeldía. Por otra parte, Gran Bretaña refuerza su flota y busca colocarse a la cabeza de un bloque antigermánico, que cristalizará con la formación de la «*entente cordiale*».

El bloque opuesto que se perfila en Europa está encabezado por Alemania, que en el último cuarto del siglo XIX experimenta un poderoso desarrollo industrial, se convierte en uno de los principales protagonistas de la Segunda Revolución científico-tecnológica, supera a Gran Bretaña y a Francia, y pasa rápidamente a ser gran exportadora de manufacturas y de capitales. Sus inversiones extranjeras alcanzan en 1914 a 6.000 millones de dólares (13,7 % del total), y se ubican en

Europa central (53 %), en América Latina (16 %) y en América del Norte (15 %).

El fulgurante desarrollo de Alemania, y su consiguiente necesidad de expansión externa, se hallan limitados, sin embargo, por su tardía llegada al reparto del mundo. Su imperio colonial es de insignificantes dimensiones, y, dada la desfavorable situación geográfica de la metrópoli, las comunicaciones entre uno y otra son demasiado vulnerables a la agresión de una potencia naval hostil, sobre todo Gran Bretaña. La expansión alemana tiende fatalmente a replantear el reparto del mundo ya realizado. La estrategia consiguiente se propone reorganizar Europa central bajo su égida, para competir con los otros imperios y ganar el derecho a participar en la política mundial con igual fuerza, si no más, que aquellos, hacerse de un bloque colonial de ultramar en África, Asia y América Latina, y concretar, a través de la Europa del este y del sudeste (Imperio Austro-Húngaro, Balcanes), la marcha hacia Turquía y el corazón del Asia. El delineamiento de esta estrategia y la plena entrada de Alemania en la carrera armamentista, particularmente en el ámbito naval, son factores decisivos en la alarma de Gran Bretaña a que se hizo referencia.

Hacia 1914 se constituyen dos bloques europeos, encabezados por Gran Bretaña y por Alemania. En el primero cuentan sobre todo Francia y Rusia. Francia logra hacerse de un imperio colonial considerable. Sus inversiones extranjeras alcanzan en 1914 a 8.500 millones de dólares, 19,3 % del total mundial, de los cuales un 61 % corresponde a Europa (25 % a Rusia) y un 9 % al propio imperio. Francia, sin embargo, se retrasa en su desarrollo industrial. En términos demográficos, productivos y militares es superada por Alemania, y esta posición desventajosa, sumada al fantasma de 1870 y al revanchismo virulento que nace de aquel, la inducen a estrechar su alianza con Gran Bretaña y con la Rusia zarista, hacia la que canaliza inversiones y préstamos. Rusia se ve arrastrada al conflicto, en parte consciente y en parte inconscientemente, por la necesidad de frenar la expansión alemana hacia los Balcanes, de población eslava, por la tradición paneslavista, por los lazos económicos y financieros con Francia y Gran Bretaña, y por la conveniencia de desviar hacia afuera la creciente presión de masas de cuya amenazante fuerza ha dado idea la Revolución de 1905.

El cuadro explicativo de la Primera Guerra Mundial y la demostración de sus consecuencias requieren considerar otros

factores y circunstancias, que se refieren a la situación global de Europa, en sí misma y con relación al sistema mundial. Ya antes de 1914, el poder y la capacidad expansiva de Europa han comenzado a debilitarse. Desde fines del siglo xix, y sobre todo en las primeras décadas del xx, se va poniendo de manifiesto un proceso de erosión del predominio europeo. Las potencias europeas deben enfrentar simultáneamente problemas emergentes de su pasado y de una nueva situación mundial. Las luchas internacionales absorben lo mejor de sus energías y recursos, y les impiden ponerse de acuerdo para cumplir en común, con unidad de propósitos y por la fuerza, la empresa colonial. Esta, junto con sus beneficios, obliga a las potencias europeas a extenderse y a comprometerse más allá de sus posibilidades. La expansión de dichas potencias va desencadenando, en la periferia dependiente y colonial, procesos que no pueden luego detener, revertir ni controlar, y que modifican incluso sus premisas iniciales. Aunque no todas las implicaciones de esta situación son perceptibles antes de 1914, lo es por lo menos la insuficiencia de recursos, sobre todo humanos. Desde 1900 aproximadamente comienza a bajar en Europa la tasa neta de crecimiento demográfico, por efecto del alto nivel de vida, de la difusión de métodos anticonceptivos, de la prolongada depresión en las últimas décadas del siglo xix y de las migraciones internacionales. Ello, unido a la tendencia demográfica ascendente en Asia y África (disminución de la tasa de mortalidad, mantenimiento o aumento de la tasa de fertilidad), origina un desequilibrio relativo, traducido en la menguante capacidad para controlar los territorios coloniales con un número suficiente de población blanca. Esta situación diferencial es compensada solo temporariamente por la superioridad industrial y militar de los países europeos.

El fenómeno indicado es parte de un proceso más general, en virtud del cual van surgiendo fuera de Europa nuevos centros de población y de poder, que desgastan y limitan cada vez más el predominio tradicional de aquella; sobre todo Estados Unidos, Japón y Rusia.

Estados Unidos concluye la ocupación de su ámbito interior, y realiza un proceso de acumulación de capitales y de desarrollo industrial que lo introduce en la etapa de la expansión externa. Su posición como productor y exportador industrial se ha ido fortaleciendo en vísperas de la Primera Guerra Mundial. Deja de ser una salida para las poblaciones migrantes, las manufacturas y las inversiones de Europa, y

se vuelve exportador de bienes y de capitales. Hacia 1914, siendo aún deudor neto, comienza a invertir y a establecer empresas en Canadá, América Central y el Caribe, e incluso Europa. Sus inversiones exteriores ascienden a 3.500 millones de dólares, 7,7 % del total. Su expansión, sin desentenderse del eje atlántico, tiende a desplazarse cada vez más hacia el Pacífico. A esta nueva y creciente orientación responde el desarrollo de California. Estados Unidos elude dejarse arrastrar a las complicaciones y vicisitudes de la política europea, pero las usa para promover sus intereses. Interviene cada vez más decisivamente en la política mundial, se orienta hacia el Asia y hacia América Latina, y en esa dirección toma contacto y choca con los otros imperialismos (v. gr., en China).

Japón intensifica también su desarrollo industrial, su expansión comercial y financiera y su poderío militar. Extiende su influencia en Asia, y contribuye —junto con Estados Unidos y Rusia— a frenar el reparto de China entre las potencias europeas, remplazado por una distribución más amplia de esferas de influencia. Su triunfo bélico sobre Rusia en 1904-1905 revela sorprendentemente su alarmante progreso. A horcadas entre dos mundos —el del pasado semifeydual y burocrático y el de la modernidad, el de Occidente y el de Oriente—, la Rusia zarista limita por su parte y a su modo la expansión y el predominio de la Europa más desarrollada, e integra, con la colonización incipiente de Siberia, el movimiento general de desplazamiento hacia el eje del Pacífico.

El sistema tradicional de equilibrio de poderes, a la vez autocontenido y regulador del equilibrio mundial en su conjunto, comienza a volverse obsoleto. Los países europeos se debilitan relativamente, y sus rivalidades y conflictos se agudizan hasta tal punto que Gran Bretaña no puede seguir operando como fiel de la balanza. Las áreas continentales y regionales se van fundiendo en un sistema internacional amplificado, a escala global, donde se toman las grandes decisiones últimas, que condicionan a las potencias europeas. Fuera de Europa aparecen nuevos centros de población, de producción, de poder y de cultura, que no aceptan la guía, las normas ni las imposiciones de aquella, las cuestionan y desafían, y les oponen sus propias alternativas (Estados Unidos, Rusia, Japón). Sin saberlo ella misma, sin que casi nadie lo perciba al comienzo, Europa entra en el siglo xx retrocediendo. La cruda revelación es proporcionada por 1914 y sus secuelas.

Consecuencias de la Primera Guerra Mundial

La guerra de 1914-1918, desenlace apocalíptico de los procesos y conflictos que se han indicado, enfrenta a dos bloques: Gran Bretaña, Francia, Rusia, Italia, Japón y Estados Unidos, por una parte; Alemania, Austria-Hungría, Turquía, por la otra. Alrededor de ambos ejes giran una serie de países menores, arrastrados voluntaria o involuntariamente al conflicto. Más allá de los resultados puramente militares, la guerra tiene trascendentales consecuencias. Sacude de modo violento y profundo el sistema capitalista, lo corroe y vuelve más vulnerable, debilita el prestigio y el consenso de que gozara, marca el fin de un período de su historia y el comienzo de otro nuevo. Determina la interrupción del desarrollo capitalista mundial, que parecía no tener límites; produce una transferencia de riqueza y de poder en su seno; arruina a una parte de la burguesía mundial y consolida a otra.

Estos acontecimientos prolongan y refuerzan la tendencia al debilitamiento y cese de la expansión de Europa. Esta es campo de batalla. Los países europeos que participan en la guerra, vencedores o vencidos, sufren enormes pérdidas humanas y materiales, y se debilitan y empobrecen, y con ellos el capitalismo europeo en su conjunto. La absorción bélica de la mano de obra y de las fábricas, la baja de la inversión y de la reposición, el consiguiente deterioro, contribuyen a que la producción industrial se reduzca en 1919 en más de un tercio con respecto al nivel de preguerra. Algo similar ocurre con la agricultura y los trasportes. Gran parte del aumento posterior de la producción, que con gran esfuerzo alcanza apenas el nivel precedente, debe ser destinado a la reparación directa e indirecta de los daños provocados por la guerra.

Los beligerantes deben liquidar parte importante de sus activos en el extranjero, especialmente en Estados Unidos y en América Latina. Alemania pierde la casi totalidad de sus haberes, y se vuelve receptora de inversiones extranjeras. La Revolución bolchevique de 1917 y la desaparición del Imperio Otomano destruyen las esperanzas de los tenedores franceses, ingleses y belgas de valores rusos y turcos. Un cuarto de los haberes ingleses en el exterior, la mitad de los franceses, son perdidos o trasferidos. Europa ve reducidas sus inversiones en el exterior y la rentabilidad de las que mantiene. Sus exportaciones de capitales no recuperan el nivel de preguerra. En general, el arreglo de las deudas astronómicas originadas por el conflicto contribuye a la vez a estimular la in-

flación interna y a crear complejos problemas cambiarios. La estabilización monetaria internacional se restablece precariamente hasta 1930. Para preservar el equilibrio de su balanza de pagos, los países desarrollados recurren a todos los instrumentos proteccionistas, que traban el libre movimiento internacional de mercancías, capitales y personas. El mercado mundial tiende a estallar, a retraerse y fraccionarse. La configuración general del comercio internacional se modifica. El intercambio crece más lentamente que la producción mundial. Si se toma el volumen total del comercio mundial en 1913 como base = 100, el número índice para 1924-25 baja a 82,3, y para 1926-30 asciende penosamente a 110,1. Entre 1913 y 1926, la participación de los continentes en el comercio mundial se redistribuye. Europa pasa del 58,5 al 47,9 %; América del Norte, del 14 al 19 %; Asia, del 12,3 al 17,1 %; América del Sur, del 6,2 al 5,8 %; América Central, del 2,1 al 2,6 %; África, del 4,3 al 4,4 %; Oceanía, del 2,6 al 3,2 %. El comercio mundial deja de ser válvula de seguridad para la superproducción capitalista. La recuperación limitada y frágil se cumple además mediante procedimientos (racionalización, concentración, inflación) que tienden a producir más con menos hombres, redistribuyen la renta nacional reducida en beneficio del gran capital y en desmedro de las capas medias y proletarias, polarizan la sociedad, crean un estado casi permanente de graves conflictos sociales y políticos. La posición de Europa como centro del mundo capitalista se ve socavada por otras circunstancias de indudable incidencia. La Europa oriental y sudoriental, que hasta 1914 ha operado en medida considerable como válvula de escape para Gran Bretaña, Francia y Alemania, es subdividida —a raíz del derrumbe del Imperio Austro-Húngaro y del cordón sanitario contra la Revolución Rusa— en un gran número de unidades nacionales medianas y pequeñas, con escasa viabilidad nacional para el desarrollo interno, e incapaces de seguir funcionando como ámbito para la expansión capitalista de los países euro-occidentales.

Los cambios limitativos y disruptivos más importantes ocurren fuera de Europa occidental: el ascenso de Japón y de Estados Unidos, la Revolución Rusa, el desarrollo creciente de la rebelión colonial.

En la Primera Guerra Mundial, Japón se alía con los futuros vencedores, sin grandes costos ni riesgos, y ve favorecido su propio desarrollo por el conflicto. Ya no es más zona de reserva para la expansión europea, y tiende a operar como gran pro-

ductor y exportador industrial y como inversor extranjero, y a extender su zona de influencia (China, sudeste asiático), aunque sin dejar de ser una potencia de segunda categoría. Estados Unidos interviene en la Primera Guerra Mundial (1917) por los pesados lazos económicos y financieros que lo ligan con Gran Bretaña y Francia, y como reacción ante la creciente agresividad del imperialismo alemán. Su intervención opera como fiel de la balanza, que convierte el empate entre ambos bandos en triunfo de sus aliados, y le representa pérdidas insignificantes en hombres y recursos. Su participación en la lid representa el decisivo punto de inflexión en que se pasa de la era europea a la era de la política mundial. Estados Unidos emerge del conflicto como el más poderoso país industrial, dominante en el mercado internacional, acreedor y principal exportador de capitales, sucesor de Europa en el goce de la hegemonía dentro del sistema capitalista. La actuación del presidente Woodrow Wilson, antes y durante la guerra y en las negociaciones de paz, traduce la confianza de Estados Unidos en su capacidad para rechazar el viejo orden europeo y mundial y para imponer otro nuevo, acorde con sus intereses y con su ideología. A partir de 1918, Estados Unidos acelera su expansión en Europa, y sobre todo en regiones dependientes, semicoloniales y coloniales (Canadá, América Latina, China).

La Revolución Rusa: desafío y alternativa

La Revolución Rusa de 1917 produce un doble efecto sobre la estabilidad del capitalismo. Representa la amputación de un vasto país-continente, que deja de actuar como mercado, fuente de materias primas y zona de inversiones para las naciones desarrolladas de Occidente, y se repliega sobre sí mismo en un esfuerzo de desarrollo autónomo acelerado. A ello se suman trascendentales proyecciones sociopolíticas e ideológicas.

El marxismo en su versión leninista deja de ser una doctrina minoritaria, para convertirse en la teoría y en la ideología de la revolución, desafío efectivo al capitalismo y al liberalismo, expresión de fuerzas en ascenso y de los problemas y necesidades de una nueva época: la de las sociedades de masas. El marxismo aparece como un sistema lógico, dotado de coherencia sistemática, de autosuficiencia y de totalidad, que pretende una aplicabilidad universal. El leninismo insiste en la integridad doctrinaria, repudia el espíritu de compromiso,

exhibe una notable aptitud para la captación de lo esencial. La postura especulativa es remplazada por un énfasis en la acción, en la voluntad y en la disciplina revolucionaria. Aparece una nueva fórmula de organización política, que le confiere fuerza y eficacia considerables. La combinación de racionalidad y de mística, de realismo y de elementos éticos y emocionales, otorga al marxismo leninista una tremenda capacidad para enfrentar y resolver problemas y para inspirar devoción y sacrificio.

A ello se agrega el enfoque y la apelación de tipo universalista, la valorización de la liberación, de la justicia social y de la igualdad sin distinciones de nación, raza, color, clase o sexo. La reorganización de las sociedades nacionales es presentada como inseparable de la creación de un nuevo orden internacional, sin diplomacia secreta y sin relaciones de dominación y expoliación. Una honda fractura divide al mundo. A la guerra clásica de objetivos limitados sucede la ideológica.

La viabilidad de la doctrina recibe una demostración empírica que combina el hecho mismo del triunfo revolucionario con el logro de una formidable base nacional y la proyección en un movimiento internacionalista. Se revela la posibilidad de una forma diferente de desarrollo y de organización de la economía, la sociedad y el Estado. Se evidencian las ventajas que presenta un fuerte y centralizador intervencionismo estatal, como factor superador de las crisis y motor del desarrollo, especialmente en la promoción y orientación de los recursos y de las inversiones, y en el crecimiento adecuado del pleno empleo y de los ingresos de la población. Se hace notoria la importancia de un gran espacio económico, que abarca poblaciones numerosas y recursos abundantes y diversificados. Se verifican las virtudes de la planificación, sobre todo en lo referente a la centralización de las decisiones de inversión; a la eliminación de usos duplicados, capacidades excedentes, desperdicios y falsos costos; a la inexistencia de frenos injustificados al progreso técnico; a las posibilidades de rápida estandarización y organización en serie de la producción; a la distribución más racional y amplia del ingreso nacional. Finalmente, junto con Estados Unidos, la Unión Soviética emerge como un gran bloque continental estabilizado. Ambos flanquean, limitan y debilitan al viejo centro europeo, contribuyen a la desaparición de las áreas de libre maniobra y a la congelación de las posiciones de poder en el mundo.

La Revolución Rusa y la experiencia soviética producen un

formidable impacto inicial, frente a los horrores de la guerra mundial y al debilitamiento y desprestigio del capitalismo. La irradiación de aquellas se ve limitada en los países desarrollados por el «cordón sanitario» tendido, el debilitamiento de la Unión Soviética por las guerras internacionales y civiles, las exigencias de la reconstrucción y del desarrollo interno acelerado, las características y consecuencias del régimen stalinista, el fracaso de las revoluciones europeas y la recuperación posbélica de la economía capitalista. Sin perjuicio de ello, la crisis de 1929 vuelve a dar fuerza a la proyección internacional del experimento soviético. Este, sobre todo, comienza a ejercer de inmediato una influencia cada vez más intensa y múltiple en la periferia dependiente y colonial de Asia, África y América Latina.

La crisis colonial

La retracción del ámbito externo para la recuperación y la nueva expansión de los países capitalistas desarrollados es reforzada, además, por el comienzo de la crisis en el mundo colonial. La propia acción imperialista ha comenzado a sembrar las semillas del cambio y de la rebelión, incluso antes de 1914, aunque ello recién dará sus frutos definitivos después de la Segunda Guerra Mundial. Los consorcios monopólicos y sus Estados convierten a los países dependientes y coloniales en productores de materias primas, mercados para la industria metropolitana y zonas de inversión. Ello requiere el cumplimiento de varias tareas convergentes. El orden social tradicional, su estructura y su equilibrio, deben ser disueltos o profundamente modificados. La organización tribal se quiebra; sus jefes ven reducida su autoridad; su población es incorporada al sistema mercantil, al régimen salarial, a la alfabetización y a la calificación laboral relativas. La economía es remodelada en función de producciones especializadas para la exportación. Se desarrollan el transporte y ciertas formas elementales de industrialización, y tiene lugar un grado limitado de diversificación socioeconómica interna. La introducción de la medicina y de la higiene, de técnicas superiores de agricultura, de irrigación y recuperación de tierras, de distribución y almacenamiento de alimentos, reducen la tasa de mortalidad pero no la de fertilidad, y determinan una tendencia ascendente de la población en Asia y África. La urbanización hace también considerables progresos, y con

ella nuevas pautas de organización, consumo y cultura. Emergen y se amplían nuevos grupos sociales: capas medias urbanas, empresarios, burócratas e intelectuales, primeras manifestaciones de proletariado. El tipo de desarrollo dependiente, desigual y combinado, en sus formas más extremas, crea o agrava las desigualdades y los desequilibrios, suscita nuevas reivindicaciones y tomas de conciencia frente a la subordinación, la explotación y el atraso inherentes al sistema colonial. Ideas, técnicas e instituciones occidentales son asimiladas por los nativos, primero en forma mimética, pero luego para usarlas contra las potencias ocupantes.

A ello se agrega el progresivo debilitamiento del control europeo sobre el mundo colonial, determinado por el desequilibrio demográfico entre ambos términos de la relación y, sobre todo, por las rivalidades y guerras entre las grandes potencias. El triunfo de Japón sobre Rusia (1904-1905) asesta un rudo golpe al prestigio europeo, al que se añaden más tarde otro triunfo japonés sobre Alemania (Shantung, 1915), las campañas del líder turco Kemal Ataturk contra Francia (1920) y contra Grecia (1922). La Revolución Rusa de 1905 es visualizada en Asia como una lucha liberadora de las poblaciones oprimidas contra el despotismo europeo.

La guerra de 1914 incide de diversos modos en el mismo sentido. Los pueblos coloniales son movilizados en la lucha; se sienten necesarios como proveedores de soldados, mano de obra, recursos y productos. Los combatientes de color son a la vez actores y testigos de la masacre a que se entregan los representantes de la civilización colonialista blanca, los perciben como vulnerables y capaces de actos de barbarie. Las potencias beligerantes estimulan el nacionalismo en las colonias enemigas, y en ellas y en las propias diseminan como propaganda las ideas occidentales sobre democracia, independencia nacional y autogobierno. Se ven obligadas, además, a hacer concesiones a los súbditos nativos, cuyo posterior incumplimiento las desprestigia y alimenta el descontento. La guerra determina interrupciones y cambios de dirección en el comercio, las inversiones internacionales y las actividades productivas. Estimula cierto desarrollo de la industria y de la valorización de recursos en los países dependientes y coloniales. Contribuye al aumento de las capas medias, de los empresarios nativos y de los trabajadores, sectores todos en los cuales, de diverso modo y en distinto grado, comienza a surgir y arraigar la motivación de la independencia.

La Revolución Rusa, en parte subproducto de la Primera

Guerra Mundial, incide poderosamente en el despertar social y nacional de los países dependientes y coloniales. Proporciona un ejemplo de la revolución posible proveniente de un país que no evita en exceso el estigma de un pasado colonialista, que desafía a las potencias occidentales implantadas en Asia, Africa y América Latina, y propone fórmulas nuevas para enfrentar la dependencia y el subdesarrollo. La Unión Soviética aparece como un esquema alternativo y operante, no comprometido con los intereses creados del imperialismo y de las oligarquías nativas, predispuesto a las soluciones y políticas de carácter simple y drástico.

Bajo el impacto convergente de estos factores y circunstancias, los movimientos nacionalistas toman impulso en las dependencias y colonias desde las postrimerías de la Primera Guerra Mundial. Europa conserva en conjunto la esfera colonial de que dispone en 1914, aunque las posesiones se redistribuyen en favor de los vencedores, pero su expansión en ese sentido se detiene y comienza a ser cuestionada. El estancamiento de la perspectiva colonial no compensa las pérdidas sufridas en su propio ámbito y en otras regiones desarrolladas.

Decadencia de Europa

El empequeñecimiento y debilitamiento de Europa, aunque general, afecta a ciertos países más que a otros. El contraste es particularmente visible si se considera la situación de las dos cabezas de bloques bélicos: Gran Bretaña y Alemania.

Gran Bretaña pierde en la guerra 740.000 hombres, el 10 % de su población masculina activa, y debe utilizar una parte importante de sus inversiones exteriores para financiar las operaciones militares. Su producción desciende un 16 % durante el período 1914-1918, y no llega a recuperar después de la guerra el nivel de 1913. La economía británica se ve afectada por el estancamiento de la expansión externa, sufrido por el capitalismo en su conjunto, y, más particularmente, por cambios estructurales operados en la economía internacional: comienzos de la industrialización en «países nuevos», sobre todo desde la Primera Guerra Mundial; desarrollo del consumo extraeuropeo de alimentos y materias primas; mayores dificultades en el intercambio tradicional de productos industriales por otros de tipo primario. Estos cambios afectan a las industrias básicas y tradicionalmente exportadoras de Gran Bretaña, en especial las del carbón y los productos textiles.

La decisión del gobierno conservador, en 1925, de recuperar el lugar que Gran Bretaña tuviera en el mercado financiero internacional durante el siglo XIX, pese al empeoramiento de su balanza de pagos, y la consiguiente revaluación de la libra esterlina, agravan el peso de las deudas públicas y privadas. Unido a la resistencia sindical a la merma de las remuneraciones, todo ello se traduce en precios y salarios demasiado altos para mantener exportaciones competitivas.

La expansión colonial de Gran Bretaña se detiene, y sus anteriores conquistas comienzan a verse amenazadas. Se debilitan sus exportaciones de capital y su comercio exterior. Su participación en el intercambio comercial mundial baja del 13,11 % en 1913 al 9,87 % en 1929, con descenso de sus exportaciones e incremento de sus importaciones. La balanza de pagos corrientes, equilibrada y con excedente favorable a partir de 1870 (sobre todo por obra de los ingresos provenientes de las inversiones y de los servicios en el exterior), pierde ese superávit en la primera posguerra, volviéndose deficitaria en 1935. Gran Bretaña deja de contar, por consiguiente, con el elemento que hasta entonces le permitiera compensar el atraso relativo de su industria en la competencia internacional. Sus exportaciones de capitales se reducen aún más. Es privada de su tradicional posición de predominio financiero. Sufre un contragolpe socioeconómico interno más acentuado todavía. Su potencial demográfico se debilita considerablemente. Por primera vez en su historia y por muchos años, conoce el desempleo crónico, así como la primera huelga general de gran envergadura (1926).

De resultas de la derrota militar, Alemania sufre un tremendo drenaje de hombres, materiales y recursos. Su capacidad militar y su dinámica imperial son destruidas. Pierde la mayoría de sus inversiones extranjeras, y se vuelve ella misma campo de inversión de las potencias vencedoras, especialmente Estados Unidos. Pierde, asimismo, todas sus antiguas colonias, y la base industrial de Alsacia y Lorena. Su expansión hacia el este es limitada por el desmembramiento del Imperio Austro-Húngaro y la creación de la Pequeña Entente por los Estados menores que resultan de aquel. Solo hacia 1939 se podrá reavivar su impulso inversor en los países de Europa central, hacia los cuales se expande. Al enorme peso de la deuda contraída a raíz de la guerra debe agregar luego el pago de reparaciones de monto astronómico. La consiguiente inflación arruina a las capas medias y empobrece más a los grupos asalariados, restringiendo así el mercado interno. Su

intento de reconstrucción debe hacerse en el marco de estas condiciones negativas, merced a un intenso esfuerzo de racionalización y modernización del aparato productivo, y con las limitaciones que surgen de la demanda interna contraída y de la fuerte competencia internacional. Sus exportaciones no recuperan el nivel de 1913. Los efectos del Tratado de Versailles, la contradicción irresuelta y agravada entre el potencial industrial y las ventas externas, la crisis social y política permanente, la amenaza siempre presente y nunca concretada de una salida revolucionaria, se combinan para crear condiciones favorables al resurgimiento del imperialismo y del militarismo, y a la aparición y triunfo del nacional-socialismo, factores decisivos de la Segunda Guerra Mundial.

B. Cambios generales en América Latina

Las modificaciones en el contexto internacional analizadas inciden en América Latina, y entrelazan sus efectos con los cambios que en ella se vienen produciendo como resultado del funcionamiento del modelo de crecimiento dependiente. Este comienza a mostrar insuficiencias y desajustes que, a partir de la infraestructura, se proyectan sobre la estratificación social, la cultura y la ideología, el sistema de poder y el Estado.

Ya en años anteriores a la Primera Guerra Mundial se evidencia un cierto debilitamiento y discontinuidad de los estímulos externos, en función de las ondas largas o ciclos seculares de la economía mundial, y de sus fluctuaciones más breves. A la prolongada crisis de las últimas décadas del siglo XIX (1873-1895), se agrega el sacudimiento que se inaugura en 1914 y se prolonga prácticamente durante el resto del período considerado, hasta 1930. Este proceso combina una tendencia de largo plazo al estancamiento relativo con fuertes fluctuaciones de corto plazo.

El desplazamiento del centro internacional

La Primera Guerra Mundial trae aparejada, en primer lugar, la pérdida de la importancia de Gran Bretaña como centro económico mundial, y su remplazo en tal papel por Estados Unidos. Las implicaciones de este desplazamiento para Amé-

rica Latina son fácilmente perceptibles. Gran Bretaña es librecambista, especializada en la producción industrial, compradora de materias primas y alimentos, gran inversora, favorecida hasta entonces por una positiva balanza de pagos que puede usar para seguir expandiendo su comercio y sus inversiones. Su hegemonía es, por consiguiente, el eje y la clave del modelo de crecimiento dependiente que se aplica hasta entonces en América Latina.

Estados Unidos, por el contrario, es un país tradicionalmente proteccionista. Se halla cada vez más sobreequipado en todos los aspectos. Es gran productor de materias primas agropecuarias y de alimentos, y compite en estos rubros con países de la periferia, y también con los de América Latina. Está capacitado, además, para la exportación en masa de artículos manufacturados. Vende más que lo que compra, y va logrando, a través de empréstitos e inversiones, un enorme crédito sobre el mundo y sobre América Latina. Su balanza comercial y de pagos, netamente excedentaria, su consiguiente acumulación de oro y divisas, contribuyen a restar liquidez al sistema internacional. A su acción comercial y financiera se agrega una creciente tendencia a las inversiones directas, tipo enclave (América Central, Venezuela, Chile), y en los sectores industriales de América Latina. Sus inversiones directas en la región suben de 2.000 millones de dólares en 1919 a 3.000 millones en 1929. En las inversiones directas y en los mismos años, la distribución porcentual por rubros se modifica del modo siguiente: manufacturas, del 4 al 7 %; petróleo, del 16 al 17 %; electricidad y transporte, del 15 al 25 %; agricultura, del 25 al 23 %; minería y metalurgia, del 33 al 21 %. En 1929, las inversiones directas de Estados Unidos en industrias manufactureras de América Latina ascienden a 230 millones de dólares, de los cuales un 53 % corresponde al rubro alimentación; 10,5 % a química, y afines, incluido el caucho; 21 % a metales, maquinarias y vehículos, con predominio de automotores; 15,5 % a productos textiles, papel y otras industrias (Adolfo Dorfman, *La industrialización en la América Latina y las políticas de fomento*, págs. 203 y 210). En este período comienzan las primeras manifestaciones de la migración de industrias completas desde Estados Unidos a Latinoamérica, cuyo mayor despliegue se producirá, sin embargo, a partir de 1930. De todos modos, a diferencia de Gran Bretaña, encerrada en el esquema de la relación colonial clásica (productos industriales, inversiones y servicios, versus materias primas agropecuarias y alimentos), Estados

Unidos se coloca en condiciones previas favorables para insertarse en el posterior proceso de industrialización sustitutiva de importaciones, y para ejercer una dominación más diversificada y estricta sobre las estructuras socioeconómicas que emergen en la etapa contemporánea de la historia regional. Las inversiones británicas en América Latina pasan de 4.983 millones de dólares en 1913, a 5.889 millones en 1929; las norteamericanas, de 1.242 millones a 5.587 millones. La relación entre los volúmenes de capitales británicos y estadounidenses invertidos en la región cambia de 4:1 en 1913 a 1:1 en 1929. Los cambios en la dinámica inversora de Gran Bretaña y de Estados Unidos en América Latina se reflejan en las posiciones comerciales de ambas potencias.

«Antes de la Primera Guerra Mundial, más de la mitad del total de importaciones argentinas provenía de los tres principales países industriales de Europa, y Gran Bretaña proporcionaba cerca de la tercera parte del total. En la década del veinte, sin embargo, la proporción conjunta de esos tres países representó solo una tercera parte del total, y a Gran Bretaña le correspondió menos de una quinta parte. Por otro lado, la proporción de Estados Unidos aumentó a más de una cuarta parte.

«La situación en los demás países de Sudamérica era muy parecida. En 1913, las importaciones brasileñas llegaron a un total de 67,2 millones de libras; en 1927, a 79,6 millones, y en 1929, a 86,7 millones. La parte que correspondió a Gran Bretaña en 1913 ascendió al 24,4 %, en 1927 al 21,2 % y en 1929 a solo el 19,1 %. Los porcentajes respectivos de Alemania fueron 17,4, 10,7 y 12,7, y los de Francia 9,8, 6,3 y 5,3. Los porcentajes de Estados Unidos fueron 15,8, 28,6 y 30,1, respectivamente.

«El total de las importaciones chilenas arrojó un valor de 989 millones de pesos oro en 1913, 1.073 millones en 1927 y 1.617 millones en 1929. El porcentaje de la parte que correspondió a Gran Bretaña en los tres años mencionados fue de 29,9, 18,4 y 17,7; la parte de Alemania fue, respectivamente, 24,6, 12,6 y 15,5; la correspondiente a Francia, 5,5, 5,1 y 4,4. Por otro lado, la parte de Estados Unidos se elevó constantemente, pues fue de 16,7, 29,6 y 32,2 %.

«Antes de la Primera Guerra Mundial no menos del 60 % de todas las importaciones chilenas procedía de los tres principales países industriales europeos, y solo una sexta parte de Estados Unidos. En los últimos años de la década del

veinte, sin embargo, la parte de Estados Unidos fue de más del 30 %, casi tan grande como las partes correspondientes a Gran Bretaña, Alemania y Francia juntas. [...]

»En México, la situación fue muy parecida. Allí también Estados Unidos iba a la cabeza, aun antes de la Primera Guerra Mundial, y después de esta afianzó su posición a expensas de las potencias europeas. El total de las importaciones mexicanas en 1913 fue de 192,3 millones de pesos, en 1927 de 346,4 millones y en 1929 de 382,2 millones. La parte de Estados Unidos en estas importaciones ascendió a 50,6 % en 1913, 67,2 % en 1927 y 69,1 % en 1929. La parte de Gran Bretaña disminuyó de 13,5 % en 1913 a 6,5 % en 1927, y se elevó ligeramente en 1929 a 6,7 %. La parte de Alemania disminuyó de 13,1 % en 1913, a 8,5 % en 1927 y 8 % en 1929. La parte de Francia disminuyó de 9,5 % en 1913 a 4,9 % en 1927, y se elevó ligeramente en 1929 a 5 %» (Fritz Sternberg, *¿Capitalismo o socialismo?*, págs. 236-38).

Las modificaciones del mercado mundial

El desplazamiento de Gran Bretaña por Estados Unidos como eje económico mundial se inserta en el cuadro más amplio de las modificaciones en la estructura y la dinámica de la economía internacional, que también inciden en América Latina.

El mercado mundial se restringe y fragmenta. Los países desarrollados, sobre todo los europeos, profundamente sacudidos y debilitados por la Guerra Mundial y sus secuelas, se lanzan a una defensa a cualquier precio de sus abastecimientos autónomos, sus producciones, sus mercados de exportación, sus balanzas de pagos, sus signos monetarios y sus niveles de ocupación e ingreso. Ello determina una exasperación del nacionalismo económico, del proteccionismo y de la autarquía. Cada uno de esos países tiende a la vez a constituir una economía cerrada, replegada sobre sí misma y autosuficiente, y a invadir agresivamente los mercados internos y externos de los países rivales. El dirigismo económico se generaliza e impone, a través de una fuerte injerencia de Estados que operan en estrecho acuerdo con monopolios y oligopolios, y que aplican cada vez más una concepción neomercantilista.

Ello se traduce ante todo en una descentralización de las actividades industriales, y en un retroceso de las viejas especializaciones. Países tradicionalmente agrarios se industrializan. Países especializados en la producción industrial reequipan y

desarrollan sus sectores agropecuarios. Las naciones desarrolladas aumentan su producción agrícola-ganadera. Buscan productos sintéticos como sucedáneos de los naturales. Recurren a un nuevo o reforzado proteccionismo a través de los derechos de importación y exportación, las cuotas, las prohibiciones, las operaciones de compensación, los subsidios, las uniones aduaneras, las cláusulas de nación más favorecida, a lo que agregan el ejercicio de un *dumping* agresivo. Los países imperiales, como Gran Bretaña, acuerdan privilegios exclusivos a los productos provenientes de sus dominios y colonias. La búsqueda de mayores exportaciones se combina con la deliberada reducción de las importaciones. Las crisis monetarias, las inflaciones y devaluaciones masivas, los desequilibrios en las balanzas de pagos, el temor a la hemorragia de divisas, también inciden en las transacciones internacionales. Se crean bloques monetarios alrededor de los signos dominantes, reforzados por controles de cambios y acuerdos de compensación o *clearing*, cada uno con su propio circuito comercial. El sistema de patrón oro se quiebra. Las prácticas tradicionales de financiamiento internacional son abandonadas. Las corrientes internacionales de capitales se modifican y reducen. En general, el intercambio mundial sufre un fuerte estancamiento relativo. La circulación retrograda con relación a la producción. Modificaciones importantes tienen lugar en la orientación y en la delimitación geográfica de los intercambios, así como en la evolución de la producción de los países implicados. En América Latina, particularmente, en función del lento crecimiento y de las fuertes fluctuaciones en la demanda internacional de productos básicos, los sectores exportadores sufren un estancamiento relativo, que afecta el nivel de actividad, de ingreso y de ocupación de los grupos sociales vinculados directa o indirectamente con aquellos. Los factores críticos operan al mismo tiempo que se van haciendo perceptibles los efectos de las transformaciones socioeconómicas inducidas por el crecimiento dependiente y como parte de éste.

CARLOS OMINAMI,

"La Tercera Revolución Industrial"

I

TERCERA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL Y OPCIONES DE DESARROLLO

CARLOS OMINAMI

I

La euforia tecnológica...

Decididamente, reina en la actualidad la euforia en la comunidad científica y técnica. Una tras otra se suceden a un ritmo vertiginoso innovaciones tecnológicas portadoras de cambios trascendentales tanto en las condiciones de la producción como en los propios modelos de consumo. De esta forma, la frontera entre la utopía y lo posible se ha hecho extraordinariamente difusa.

Como bien lo muestran los trabajos de Paulo Tigre y Carlota Pérez incluidos en el presente volumen, es sin lugar a dudas en el campo de la electrónica en donde los progresos han sido más rápidos y visibles. Los avances en este terreno han permitido desarrollos espectaculares en las comunicaciones y la informática. El auge de las comunicaciones, ha convertido al mundo en una *aldea en donde todo se sabe*.¹ La potencia cada vez mayor de los modernos equipos de telecomunicaciones y la proliferación de satélites constituyen los soportes materiales de este fenómeno. Por su parte, en el plano de la informática el ciclo de vida de los productos no cesa de acortarse, estando prevista para solo un tiempo más la irrupción en el mercado de los *computadores de la quinta generación* dotados de complejos mecanismos de *inteligencia artificial*.

En el curso de los últimos años, la automatización ha hecho igualmente significativos avances. Ellos se han traducido en la construcción de *máquinas herramientas a control numérico* (MHCN), *robots industriales*, *sistemas CAD/CAM* (Computer Aided Design y Computer Aided Manufacturing); en la apa-

¹ V. Cosmao, *Un monde en développement?* Le Editions Ouvrières, Paris, 1984.

rición de los así llamados *sistemas expertos* que permiten la utilización de la informática en fines tan variados como el diagnóstico médico, la prospección petrolera y la reparación de los propios computadores, en fin, en la puesta en práctica de métodos automatizados de control de stocks (CANBAN), etc. Asimismo, se registran importantes progresos en el desarrollo de la *visión artificial* la cual permite, por ejemplo, una inspección automatizada de los procesos productivos, al mismo tiempo que se avanza rápidamente en la fabricación de mecanismos de comprensión automática del lenguaje natural mediante el *reconocimiento de la voz*, lo que simplificará enormemente la entrada de datos y el acceso a la informática de personas no "alfabetizadas".

Las investigaciones en el campo de las aplicaciones de las señales de *rayo laser* son también portadoras de cambios sustantivos en los procesos productivos de diferentes ramas industriales, incluso en aquellas más tradicionales que, como la textil, se consideraban hasta hace poco como irremediablemente obsoletas.

Por su parte, los resultados de las investigaciones en el campo de la *optoelectrónica* están llamados a tener un gran impacto en las telecomunicaciones y en la concepción de las propias memorias, toda vez que la transmisión de información mediante la luz es mucho más rápida que a través de la corriente eléctrica a las ondas hertzianas.

Otra fuente importante de innovaciones mayores está constituida por los nuevos desarrollos en el plano de las *biotecnologías*, analizados aquí en detalle en el trabajo de Gonzalo Arroyo. En efecto, éstos crean las condiciones de una nueva forma de producción de alimentos cuya versión más sofisticada puede incluso conducir a la autonomización de la producción alimentaria del cultivo de la tierra. Conviene asimismo insistir en el hecho de que las manipulaciones de la molécula ADN —base de las nuevas biotecnologías— son susceptibles de múltiples aplicaciones, no sólo en el campo de la agricultura sino también en la ganadería, la minería, la industria química, la producción de energía o en las técnicas de preservación del medio ambiente.

Son también significativos los progresos que han conducido a la utilización creciente de *nuevos materiales*, tema del cual se ocupa el artículo de Juanita Gana. Así por ejemplo, el surgimiento de nuevas tecnologías se ha acompañado de una incorporación progresiva de minerales tradicionalmente poco utilizados tales como: *germanio, selenio, vanadio, zirconio, hafnio*, etc. Asimismo, se ha avanzado en la producción de nuevos materiales compuestos, entre los cuales destacan los *aceros de alta resistencia*, las *cerámicas avanzadas*, los *superconductores de niobio-estaño* y una amplia gama de nuevos *polímeros*. Como

se concluye en el citado trabajo, las innovaciones en este terreno han permitido reducir considerablemente el peligro del agotamiento de los recursos naturales disponibles en el planeta, tantas veces denunciado en diversos foros internacionales.

En ese mismo sentido, los avances en la utilización de nuevas fuentes de energía aportan un argumento adicional. El sistema energético constituido en torno al petróleo tiende a ser sustituido por otro más diversificado en el cual coexistirían junto a la *energía nuclear*, las energías nuevas como la *solar*, la *cólica* o la proveniente de la *biomasa*. No obstante las dificultades a que se enfrenta la *transición energética*, estudiadas en este volumen por Marcelo García, este proceso se cuenta entre las expresiones significativas de la revolución industrial y tecnológica actualmente en curso.

II

... Y el estupor de los economistas

Ahora bien, en más de un sentido la década de los setenta aparece retrospectivamente como la de las revoluciones tecnológicas fallidas. Al mismo tiempo que al período de expansión rápida y sostenida de las principales economías capitalistas del planeta sucedía una fase de manifiesta declinación, la aceleración del ritmo de la innovación tecnológica parecía abrir un ancho cauce para la superación de una situación de crisis y marasmo que muchos consideraban como un accidente pasajero. En efecto, ahí estaban la *Revolución de la Inteligencia*, de los *microprocesadores* o de las *bio-tecnologías* para superar los obstáculos que se oponían al desarrollo y retomar la senda del auge y la prosperidad. En la euforia tecnológica, no faltaron incluso quienes decretaron la obsolescencia de los antagonismos sociales e internacionales clásicos y se atrevieron a predecir la derrota casi ineluctable del sub-desarrollo a manos de... los computadores y las bio-tecnologías.

La permanencia de la crisis en la mayoría de las economías dominantes —de mercado pero también en las centralmente planificadas—, el estallido masivo de crisis en las economías del Sur y los mediocres pronósticos sobre el futuro de corto y mediano plazo del crecimiento mundial, contrastan brutalmente con el optimismo que hasta hace todavía pocos años embargaba a buena parte de los economistas y de los representantes oficiales.

La frustración de las expectativas desatadas por la revolución tecnológica no proviene de una revisión en baja de sus potencialidades intrínsecas. Muy por el contrario, las micro-realizaciones de las nuevas tecnologías se han sucedido en el curso

de estos años a un ritmo exponencial. Empero, en ausencia de una transformación equivalente del cuadro económico-social en que ellas intervienen, sus resultados en el plano macro no han logrado contrarrestar las tendencias recesivas que continúan dominando la escena económica mundial.

Esta contradicción flagrante entre las potencialidades físicas de la revolución científico-tecnológica y la incapacidad de los sistemas actualmente constituidos para encauzarlas en un sentido progresivo constituye, a nuestro juicio, el principal problema que enfrenta actualmente el desarrollo económico.

A medida que el tiempo avanza y no se avizoran soluciones capaces de reactivar de manera durable la producción, la inversión y el empleo en las principales economías del mundo capitalista desarrollado (para no hablar de la mayor parte de los países en desarrollo), cunden el estupor e incluso la angustia en las filas de los economistas. En realidad, el entierro tan precipitado de las enseñanzas de Keynes y la decepción en cuanto a los resultados de las nuevas recetas —*monetaristas* a la Friedman, *ofertistas* (*supply side*) a la Laffer—, han puesto en evidencia la existencia de un gran vacío en el pensamiento económico dominante.

De hecho, ninguna de las nuevas ortodoxias ha conseguido avanzar respuestas capaces de dar simultáneamente cuenta de los principales desequilibrios a los que se enfrentan las economías contemporáneas. Así, si ciertas terapias de corte monetarista pueden exhibir algunas realizaciones en el plano de la contención de la inflación, ellas han tenido sin embargo como costo una disminución substancial de las tasas de crecimiento y una elevación persistente del número de desocupados, el cual sólo en la zona OCDE supera a los 30 millones. Del mismo modo, la propia realidad se ha encargado de desmentir la tesis tan en boga hace algunos años según la cual, "las ganancias de hoy día constituyen las inversiones de mañana y los empleos de pasado mañana". Contrariamente a lo que sugiere ese tipo de encañamiento, por un lado, la medicridad de las anticipaciones de los diversos agentes frente a un futuro que perciben como esencialmente incierto, limita de manera drástica los niveles reales de inversión. Por otro lado, el privilegio ostensible de las *inversiones de racionalización* por oposición a las inversiones destinadas a aumentar la capacidad productiva, trae consigo un efecto negativo en lo que al nivel global de empleo concierne. Esta es una de las conclusiones importantes que se desprenden del trabajo sobre nuevas tecnologías y empleo de Robert Boyer.

Ilustrativa del carácter subalterno de muchas de las polémicas a las cuales son aficionados los economistas es aquella protagonizada, a propósito de la organización del sistema monetario internacional, entre partidarios de las *paridades fijas* y los sostenedores de un tipo de *cambio flotante*. De hecho, como lo

muestran en forma meridiana las grandes tensiones a que se encuentra sometido el actual sistema, la adopción de cambios flotantes más que permitir la eliminación de las rigideces de la organización anterior, ha constituido un factor multiplicador de la inestabilidad propia de un sistema en el que, por un conjunto muy diverso de factores, prima la *guerra de monedas*.

Blanco predilecto de las nuevas ortodoxias, el desmantelamiento del *Welfare State* tampoco parece abrir paso a una salida consistente de la crisis. Si el aumento desmesurado en particular del componente indirecto de los salarios, había llegado a un punto tal que tornaba cada vez más problemática la *valorización del capital*, el estancamiento de la masa salarial ha afectado las condiciones de *realización de la producción* sin que los nuevos recursos así liberados logren invertirse de modo de generar un efecto plenamente compensador. El regreso a una economía pre-keynesiana de acuerdo a la cual los salarios son unilateralmente vistos como un elemento de los costos, desconociéndose el hecho que ellos intervienen igualmente en la determinación del nivel de la demanda agregada, se ha pagado durante estos años a un elevado precio en términos de estancamiento productivo y aumento del desempleo.

Por su parte, el debate que animan los economistas de los países en desarrollo ofrece, salvo excepciones notables,² un panorama poco estimulante. Frente al peso de las restricciones que derivan sobre todo del fardo de la deuda externa, el debate económico se ha reducido en muchos países a una discusión de naturaleza contable acerca del ajuste de la cuentas externas. Poco en verdad se ha avanzado en la elaboración de respuestas concretas destinadas a modificar las estructuras productivas de economías cuyas crisis no son sólo de corte financiero.³

Como lo hacía notar Stephen Morris en una conferencia reciente,⁴ lo que más llama la atención en las tomas de posición de los economistas es la *precariedad de las ortodoxias económicas del momento*. Sería sin embargo injusto atribuir esta precariedad a una ligereza que para algunos constituye una característica casi intrínseca de los economistas. Existen por el contrario, factores objetivos que explican la dificultad para avanzar, a partir de los útiles forjados en las últimas décadas, propo-

² Entre ellas cabe hacer notar los esfuerzos actuales de la CEPAL en vistas a delinear una estrategia de mediano plazo capaz de enfrentar de manera global el conjunto de desequilibrios que afecta a las economías de la región.

³ Esa es una de las conclusiones a que apunta nuestro libro *Le Tiers Monde dans la Crise*, Editions La Découverte, Paris 1986. Versión en español por el Grupo Editor Latinoamericano de Buenos Aires.

⁴ S. Morris es un ex asesor del Secretario General de la OCDE. La Conferencia fue pronunciada en la Universidad de Princeton el 3 de mayo de 1984 y publicada bajo el título "Managing the World Economy: will we ever learn?" en *Essays in International Finance* N° 155, noviembre 1984.

siciones susceptibles de enfrentar de manera coherente la actual situación.

De hecho, el desarrollo del pensamiento económico moderno ha sido ampliamente influenciado por las visiones optimistas construidas en el período que va desde finales de 1945 hasta el shock petrolero de 1974, años que algunos designan como los *treinta gloriosos*. La expansión sin precedentes de las economías dominantes pero también la de los países en desarrollo durante este período aparece, no sin razón, asociada a la revolución suscitada en el plano de la teoría económica por la imposición de las ideas keynesianas. En este contexto, las oscilaciones cíclicas brutales, los períodos de declinación sostenida de la actividad económica, en suma las crisis, llegaron a aparecer como fenómenos obsoletos propios de la prehistoria del pensamiento económico. Provistos de una batería de técnicas de estimulación del gasto y sostenimiento de la demanda, los economistas creyeron que habían logrado por fin dominar el ciclo económico, todo lo cual abría la posibilidad de asegurarle al sistema una expansión permanente, haciendo de las crisis un fenómeno decimonónico.

El estallido de la crisis durante la segunda mitad de los sesenta encuentra a los economistas particularmente mal armados para enfrentar la nueva situación. Se trata de *turbulencias en un sistema esencialmente próspero* argumentan muchos de ellos. La irreductibilidad de la crisis frente a las diferentes tentativas de reactivación que se ensayan durante los setenta, precipita sin embargo un cuestionamiento creciente del consenso keynesiano que hasta ese entonces prevalecía en la profesión. Empero, las nuevas ortodoxias que comienzan a proliferar conducen, cuando ellas se aplican, a resultados decepcionantes tanto en el plano del crecimiento como en el de la inversión y el empleo.

A la crisis de la actividad económica se agrega así la propia crisis de las teorías llamadas a interpretarla y orientarla en un sentido progresivo. A la creencia en la idea de una expansión indefinida sucede una visión cada vez más dominada por la opacidad y la incertidumbre. El futuro se torna de este modo radicalmente impredecible. En ausencia de parámetros estables, la modelística pierde buena parte de su pertinencia y utilidad.

Como lo muestra bien R. Boyer en su trabajo, en la teoría económica convencional el status de las nuevas tecnologías es extremadamente precario. De hecho, los enfoques en términos de función de producción no logran ni con mucho dar cuenta de sus principales impactos. Así, la falta de herramientas analíticas para incorporar la variable tecnológica y sus efectos directos e indirectos sugiere con fuerza la necesidad de producir conceptos, que permitan pensar los requisitos de coherencia de un nuevo *régimen socio-tecnológico*.

III

Viraje tecnológico y coherencia macro-social

La esencia de la técnica no tiene nada de técnico escribió acertadamente Heidegger. En efecto, por sobre su configuración material la técnica es siempre una *forma social* de relación con la naturaleza. De ahí que el proceso que media entre la aparición de una determinada innovación tecnológica y su integración plena a un sistema social de producción esté sujeto a múltiples determinaciones. Este proceso de adaptación del nivel micro al universo macro-social es tanto más complejo cuanto que, como ocurre actualmente, el viraje tecnológico no se circunscribe a áreas específicas sino que abarca al conjunto del sistema técnico y de la organización social.

Como muy bien lo demuestra el trabajo de Carlota Pérez, asistimos en la actualidad a una *transición global* hacia un nuevo *paradigma tecnológico* basado en la *micro-electrónica* y la *información*, el cual sustituye el paradigma anterior estructurado en torno al petróleo barato y otros materiales intensivos en energía.

De acuerdo a ese análisis, las innovaciones en el campo de la electrónica tienen un carácter *radical* toda vez que comportan una modificación de la *trayectoria tecnológica*, transformando de esta forma la matriz insumo-producto por la vía de la agregación de nuevas filas-nuevas columnas, según la expresión de C. Freeman.⁵

Así, los progresos de la electrónica son portadores de transformaciones de envergadura en las más diversas áreas del quehacer: en las condiciones de producción, a través de la *automatización industrial* apoyada en la introducción de *máquinas herramientas a control numérico*, *robots* y una vasta gama de mecanismos de control automático de los procesos productivos; en las formas de transmisión de la información, mediante el desarrollo de las *telecomunicaciones* y la *telemática*; en las modalidades de intermediación comercial y bancaria por la vía de la utilización masiva de *moneda electrónica*; en los hábitos más estrictamente individuales a partir de la difusión de la *informática familiar* y los *computadores personales*.

De esta forma, se crean las condiciones de una modificación radical de los *principales lugares* de la vida económica y también social. En el campo industrial, la nueva planta es un taller flexible relativamente pequeño pero altamente automatizado y en

⁵ Citado por C. Pérez.

el cual labora un número reducido de operarios. Entre los principales atributos de la nueva planta industrial se cuentan su capacidad de diversificar las líneas de producción y de producir en forma rentable series pequeñas, reduciendo los tradicionales problemas de escala. A lo anterior se agrega la utilización más intensiva de los insumos que intervienen en el proceso productivo. La posibilidad de sustraerse a las exigencias de la producción en masa sienta así las bases para la superación de la gran planta industrial típica de la organización fordista del trabajo.

Aunque su desarrollo se encuentra todavía en un estado más embrionario, las evoluciones en curso en el plano de las biotecnologías apuntan en el mismo sentido. La posibilidad de modificar el patrimonio genético de las células y de sus producciones, abre en efecto enormes perspectivas, toda vez que por ejemplo la ingeniería genética permite considerar a las células y en particular a ciertos micro-organismos como las *plantas químicas del futuro*.⁴ En ellas se pueden fabricar en abundancia diferentes productos de interés farmacológico o nutricional que anteriormente se producían en cantidades ínfimas y a un elevado costo. Igualmente, las innovaciones recientes en el plano de la utilización industrial de la biomasa, crean las condiciones de una transformación radical en las formas tradicionales de producción energética.

Otro tanto ocurre en el campo de los servicios a través de la emergencia de un *nuevo modelo de oficina* apoyado en innovaciones que permiten la informatización de buena parte de las actividades de la secretaría tradicional, la comunicación en línea directa y tiempo real con los bancos y otros organismos (correo electrónico, teleconferencias etc.).

Los nuevos desarrollos no afectan solamente la organización de los procesos productivos. El *hogar computarizado* está igualmente llamado a provocar un cambio significativo en los hábitos más directamente personales. Entre las principales innovaciones en este terreno conviene destacar la gestión informatizada de los presupuestos familiares, el desarrollo de la televisión por cable y las múltiples posibilidades que ésta ofrece en el campo de las comunicaciones, la informatización y buena parte de los entretenimientos.

En otro orden de cosas, los progresos por ejemplo en las técnicas de fecundación han hecho desde ya posible la existencia de *bebés probeta* y permiten incluso pensar en la posibilidad del *hombre encinto* gracias a la fecundación *in vitro* y el desarrollo de técnicas que podrían permitir el embarazo abdominal regulado mediante la introducción de diversas hormonas. Todo lo

⁴ *Revue d'Economie Industrielle*, número especial consagrado a la génesis y desarrollo de la bioindustria, 4: trimestre 1981, París.

cual plantea naturalmente un cuestionamiento fundamental a las respectivas identidades de hombres y mujeres.⁷

La masificación de este conjunto de innovaciones plantea la necesidad de un triple proceso de adaptación: respecto del sistema técnico por un lado, respecto de la organización socio-económica por el otro y en fin, respecto de la cultura y el sistema de valores.

En su *Historia de las Técnicas*,⁸ Bertrand Gille ha mostrado que en una determinada época y área geográfica, *la técnica constituye un sistema global*. Este concepto se basa en la observación de la interacción entre las diferentes técnicas de una misma época y la interdependencia de sus progresos respectivos. De hecho, como lo afirma Gille, cada uno de los componentes de un sistema técnico necesita para su propio funcionamiento de otros productos del sistema. Esta relación es evidente en el dominio de los materiales. Así, por ejemplo, si la siderurgia utiliza la máquina a vapor, ésta requiere de un metal con gran capacidad de resistencia para soportar las altas presiones y el sobrecalentamiento. En un sentido general, la elaboración de los principales productos de un determinado sistema técnico requiere del concurso de diversas tecnologías y ramas. Es pues preciso que éstas se adapten unas con otras tanto cuantitativa como cualitativamente, puesto que todo progreso en una rama crea una demanda en las ramas conexas y actúa como factor de incitación de la innovación.⁹

Más complejo aún es el proceso de adecuación de la organización socio-económica a las evoluciones que tienen lugar en el plano tecnológico. Las potencialidades asociadas a las nuevas tecnologías plantean en realidad un enorme desafío a la capacidad de innovación social. Así, basta pensar en la amplitud de su impacto en los diversos aspectos que involucra la *relación salarial*.¹⁰ En efecto, todos los componentes de esta relación básica en la organización capitalista de la producción, están llamados a sufrir alteraciones profundas, ya se trate de las normas de tiempo, de intensidad, del valor de la fuerza de trabajo, del patrón de consumo de los asalariados, de la estructura y jerarquía de las calificaciones, de las modalidades de segmentación del mercado de trabajo, etc.

En este contexto, las consecuencias de las nuevas tecnologías sobre el nivel del empleo resultan particularmente ilustrativas. Se sabe por ejemplo que una máquina herramienta a control numérico reduce en alrededor de 50 % la cantidad de puestos de trabajo requeridos por un equipo tradicional. Por su parte,

⁷ Elizabeth Badinter, *L'un et l'autre*, Editions Odile Jacob, París, 1986.

⁸ B. Gille, *Histoire des Techniques*, La Pléiade N° 21, 1978, París.

⁹ Centre de Prospective et d'Evaluation, *Rapport sur l'état de la technique*, marzo 1985, París.

¹⁰ Ver el artículo de Robert Boyer.

la introducción de un robot reemplaza, según las estimaciones disponibles, entre 3 y 5 puestos de trabajo en aquellos sectores en donde éstos son actualmente utilizados (pintura, soldadura, almacenamiento, etc.). De suyo significativas, estas performances en cuanto a ahorro de fuerza de trabajo, podrían incluso multiplicarse mediante la generalización de los *talleres flexibles*, en los cuales la tendencia a la limitación del trabajo vivo alcanza su punto culminante.¹¹

Lo anterior sugiere con fuerza la existencia de una inadecuación creciente entre las rápidas transformaciones del sistema técnico y los arcaísmos que caracterizan la organización social del trabajo. En este sentido baste recordar como luego de una reducción rápida y sistemática entre fines del siglo XIX y principios del siglo XX, la duración de la jornada de trabajo ha tendido a mantenerse estable en torno a las 40 horas semanales. Ello, no obstante la importancia de los aumentos de productividad física que resultan de la evolución de las condiciones de producción durante las últimas décadas.

Históricamente, la expansión del nivel de empleo en las economías desarrolladas ha dependido de tres factores principales: por una parte, de la creación de nuevas fuentes de trabajo en los sectores modernos, es decir en aquellos sectores cuyas innovaciones tecnológicas han justamente suprimido empleos en las ramas más tradicionales; por la otra, de la capacidad de absorción de fuerza de trabajo en el amplio conglomerado de actividades que constituye el sector de servicios y *last but not least*, de la tendencia a la reducción de la jornada de trabajo.

El rápido aumento del desempleo en las economías capitalistas desarrolladas en el curso de los últimos quince años, pone claramente de manifiesto la debilidad de la acción de los factores llamados a neutralizar los efectos de la introducción de nuevas tecnologías. Si es cierto que los sectores de punta han venido creando nuevos puestos de trabajo, ocurre sin embargo que la difusión del progreso técnico hacia los servicios, ha limitado de manera drástica el potencial de absorción de fuerza de trabajo del cual disponía tradicionalmente este sector. Así por ejemplo, la automatización de los empleos de oficina, representa, de acuerdo a algunas estimaciones, una amenaza para cerca de la mitad de los trabajos de dactilografía y otros empleos no calificados.

No resulta pues razonable esperar —aun suponiendo que ello pueda tener lugar— de una reactivación masiva del consumo y la inversión una solución de fondo al problema del desempleo. En ausencia de cambios substantivos en la organización social del trabajo y muy particularmente de una reducción significa-

¹¹ P. Petit, *Progres technique et emploi: quel bilan*. B. Coriat e Y. Lecler, *Robots industriels et emploi, L'état des sciences et des techniques*, La Découverte-Maspero, Boreál Express, 1982, París/Montreal.

tiva de la jornada de trabajo —lo que plantea a su vez la necesidad de desarrollar una *economía del tiempo libre*— todo indica que primarán en el futuro los efectos destructivos que los procesos de transformación global de la base técnica de la sociedad, forzosamente traen consigo.

IV

Acerca de la necesidad de tomar en serio la regulación

A estas alturas una breve digresión teórica nos parece útil. Frente a la amplitud de las transformaciones del sistema técnico y la complejidad de las adaptaciones requeridas en el plano de la organización socio-económica, la economía pura, sea ésta de inspiración neoclásica o keynesiana, se encuentra en realidad poco capacitada para dar cuenta de los desafíos del tiempo presente. Más aún, al considerar tanto la tecnología como la organización económico-social como datos de hecho exógenos, la teoría pura evacúa de su campo de estudio todo aquello que constituye, justamente, el nudo central de los problemas planteados por el virage tecnológico.

En efecto, la pluralidad de influencias a que crecientemente están expuestos los procesos económicos, torna poco pertinentes las elaboraciones intelectuales construidas sobre la base de categorías omniexplicativas (*mercado, equilibrio general, demanda efectiva*) a las cuales se atribuye validez universal.

En un horizonte social y tecnológicamente previsible, los mercados pueden quizás funcionar adecuadamente proveyendo a los agentes de la información necesaria a la toma de decisiones racionales. En cambio, en situaciones como la actual, dominadas por una incertidumbre radical respecto del futuro, los mercados resultan esencialmente miopes. En este mismo sentido, en momentos en que todos los parámetros de la actividad económica están sometidos a influencias contradictorias, la noción de equilibrio general aparece como un principio abstracto de escasa significación real. De igual manera, el concepto de demanda efectiva resulta de interés limitado, toda vez que las incertidumbres respecto del futuro no expresan solamente relación con su expansión cuantitativa sino que principalmente con su composición cualitativa.

Los análisis en términos de regulación parten de esta constatación y postulan como premisa central la *variabilidad en el tiempo y en el espacio de las dinámicas económicas y sociales*.¹²

¹² Una presentación sistemática del concepto de regulación así como de sus aplicaciones se hace en el libro colectivo (M. Aglietta, H. Bertrand,

Se trata de este modo de propender a una articulación estrecha entre historia y teoría económica. Desde este punto de vista los enfoques en términos de regulación recogen una intuición de Marx respecto de la cual el marxismo ya cristalizado se apartó del momento en que no resistió la tentación de proclamar la existencia de "leyes de la historia". Esa rigidización le hizo perder al marxismo rigor intelectual y capacidad de renovación conceptual y fue así como una parte cada vez más importante de los procesos objetivos que informan la realidad, se vio relegada a la categoría de "contratendencias".

De lo que se trata entonces es de identificar los mecanismos capaces de asegurar durante períodos prolongados una compatibilización dinámica de motivaciones contradictorias y decisiones descentralizadas. En esa perspectiva se puede afirmar que un *sistema de regulación* es el resultado del conjunto de procesos que participan en el ajuste de la producción a las demandas sociales, dada una cierta configuración de las formas de organización y de las estructuras productivas.¹³

Este tipo de definición así como otras que se han propuesto (Aglietta,¹⁴ Destanne de Bernis,¹⁵ etc.), buscan fundar, a través de la introducción del tiempo histórico, un enfoque alternativo al del equilibrio económico general, capaz de poner al descubierto los diversos mecanismos mediante los cuales un *sistema dado se reproduce pero también se transforma*.

En esta óptica, el concepto de regulación es antes que nada una *aproximación metodológica* que invita, para citar una expresión célebre, al *análisis concreto de cada situación concreta*, asumiendo para ello la existencia de una interacción estrecha entre *nociones teóricas, hipótesis específicas y verificaciones en la historia de largo período*. La integración de la dimensión histórica al estudio de los procesos económicos requiere en efecto de una confrontación sistemática entre las tendencias del tiempo pasado y los conceptos elaborados a partir de la deducción lógica. De otra forma, el análisis desemboca en un puro historicismo para el cual la realidad y su evolución probable se presentan como una repetición mecánica de fases. El avance de la reflexión supone, a su vez, la elaboración de *nociones intermedias* que permitan operar el paso desde las categorías más abstractas a proposiciones susceptibles de ser verificadas con la información disponible. Es a esta búsqueda a la cual se consagran los diver-

R. Boyer, R. Hausmann, A. Lipietz, J. Mistral y C. Ominami), *Capitalismes, fin de siècle*, Presses Universitaires de France, París 1986. Esta sección sintetiza algunas de las ideas allí contenidas.

¹³ *Capitalismes, fin de siècle*, op. cit.

¹⁴ *Regulation et crise du capitalisme: L'exemple des Etats-Unis*, Calman-Levy, París, 1976 (versión en español en Siglo XXI de México).

¹⁵ Les limites de l'analyse en termes d'équilibre économique général, *Revue Economique* vol. XXVI, N° 6, noviembre 1975, París.

sos trabajos que se agrupan bajo la denominación común de *análisis de la regulación*.

En este enfoque, dos tipos de nociones juegan un rol fundamental: *régimen de acumulación* por un lado, *modalidad de regulación* por el otro. Ambos son necesarios para explicar como los antagonismos sociales no necesariamente derivan en conflictos destructivos que terminan negando toda viabilidad a los sistemas así constituidos. En esencia, la identificación de un régimen de acumulación pasa por un análisis: de la dinámica que rige la organización de la producción y la relación específica de los asalariados con los medios de producción; del horizonte temporal de valorización del capital; del principio de distribución de la riqueza que permite (o no) la reproducción de una cierta estructura de clases; en fin, de la composición y evolución de la demanda social y su grado de adecuación respecto de las capacidades de producción.

Por su parte, la noción de regulación apunta al conjunto de *formas institucionales* susceptibles de asegurar la estabilidad de las dinámicas que operan al nivel del régimen de acumulación. En lo fundamental, ellas se refieren a las formas de la *creación monetaria*, de la *competencia* y de la *intervención estatal* y su operatoria se realiza a través de una trama compleja de *leyes, reglas, reglamentos, compromisos* pero también de *representaciones sociales* que emanan de la adhesión de la comunidad a un cierto sistema de valores.

Del análisis precedente emerge una serie de *regularidades parciales* cuyas propiedades desde el punto de vista de la estabilización de la acumulación dependen de su aptitud para dar lugar a una modalidad de *regulación global*. En la lógica de este enfoque, la noción de regulación designa el conjunto de formas institucionales, prácticas y costumbres que actúan como fuerzas incitativas o coercitivas sobre los agentes económicos, a fin de garantizar que su comportamiento se ajuste a las necesidades que plantea la reproducción de la acumulación.

La situación actual de crisis y cambio tecnológico acelerado destaca la pertinencia de estos conceptos. Si, como se sugiere en varios de los trabajos contenidos en este libro, la crisis resulta de la ruptura del régimen de acumulación vigente (el *régimen fordista*) y resulta, por otra parte, difícil de admitir la existencia de un principio unívoco de determinación tecnológica, la salida de crisis debe ser necesariamente pensada como la emergencia de un nuevo régimen de acumulación con su modalidad de regulación correspondiente.

V

Condiciones domésticas de una salida de crisis progresiva

La coherencia dinámica de un sistema depende pues de un elevado número de condicionantes cuya articulación progresiva o regresiva no está sometida ni al azar ni a la acción de principios teleológicos. Las formas institucionales sobre las cuales se apoyan las regularidades macro-económicas que permiten la continuidad de la acumulación, constituyen la cristalización de compromisos que los sectores en pugna finalmente establecen luego de intensos conflictos. Del mismo modo que las estrategias específicas que despliegan los agentes constituyen los *fundamentos microeconómicos* de la macro-economía, los compromisos en que desembocan los conflictos entre las clases y sectores presentes en la sociedad constituyen sus *fundamentos macro-sociales*.

Tradicionalmente, el pensamiento liberal ha privilegiado los comportamientos micro-económicos asumiendo —supuesto heroico— que esa multitud de decisiones se coordina de tal manera (a través de la famosa "mano invisible") que la maximización del bienestar individual da como resultado un óptimo social. La observación empírica no confirma sin embargo esta apreciación.

En su historia, el capitalismo exhibe dos grandes modalidades de regulación. La primera de tipo *competitivo*, la segunda de corte *monopolista*. La regulación competitiva corresponde al período de hegemonía intelectual del liberalismo y se caracteriza por un elevado grado de inestabilidad en el funcionamiento económico. De hecho, luego de una sucesión de crisis cíclicas, la Gran Depresión de los años treinta marca los límites insuperables de esta modalidad de regulación, toda vez que el contexto institucional y las formas de ajuste a ella asociadas, se revelan impotentes para canalizar los aumentos de productividad que la evolución del progreso técnico autorizaba. Se abre así una fase de grandes convulsiones y guerras que sólo será superada a través de la emergencia, en el plano económico, de una nueva modalidad de regulación que tiene su origen en el *New Deal* propuesto por Roosevelt. Por oposición a la primera, la regulación monopolista se apoya en un conjunto de formas institucionales (precios administrados, moneda de curso forzoso, acuerdos salariales, intervención masiva del estado, etc.) cuyo resultado último consistió en garantizar una cierta *previsibilidad* al funcionamiento económico mediante el *ajuste ex-ante de la producción a la demanda social*. La superioridad de esta *construcción social* quedó de manifiesto en el auge sin precedentes que

conocen las economías capitalistas desarrolladas durante las tres décadas que siguen al fin de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, existe hoy día una considerable evidencia en cuanto a que las tensiones y desequilibrios que desde finales de los setenta comienzan a manifestarse en las principales economías, no derivan de perturbaciones exteriores a la lógica de la regulación imperante, sino que traducen la acción de presiones que le son estrictamente endógenas. Dicho de otro modo, a partir de un cierto umbral, la progresión por ejemplo de la masa salarial, directa pero sobre todo indirecta, pasa a jugar un rol desestabilizador de la acumulación, afectando las condiciones de rentabilidad allí donde, hasta ese entonces, había sido un factor primordial en la constitución de un amplio espacio para la realización de volúmenes crecientes de producción.

La dificultad para asegurar una salida a la crisis en el cuadro de la regulación en vigor ha abierto el camino a una búsqueda cuyos resultados son todavía incipientes. Dos grandes opciones parecen de todos modos perfilarse. En ascenso, la línea de la *desregulación* parte de una constatación correcta: las rigideces que caracterizan el funcionamiento del sistema inhiben el despliegue de todas sus potencialidades. Ocurre sin embargo que la liberalización, el desmantelamiento del *Welfare State*, etc., tienden más bien a desestructurar los resortes de la regulación precedente sin por ello asegurar la configuración de un sustituto adecuado. En estas condiciones, todo indica que la salida a la crisis vehiculizada por esta corriente, involucra un alto número de componentes represivos.

En efecto, al no mediar un proceso destinado a modificar las bases macro-sociales del sistema de acuerdo a las nuevas condiciones de productividad, (reestructuración de la organización social del trabajo y reducción de su jornada, desarrollo de una economía del tiempo libre, etc.) la proliferación de micro-realizaciones a partir de la introducción de nuevas tecnologías, tiende a generar una estructura fuertemente *dual*: a un extremo, un sector que dispone de altos grados de productividad y eficiencia y que logra acceder a estilos de vida cada vez más sofisticados; al otro, un conjunto heteróclito de actividades poco competitivas condenadas a sufrir todos los rigores en términos de bajos ingresos, desempleo y marginalidad que resultan de un proceso de modernización dejado al libre arbitrio del mercado.

Los trabajos reunidos en la segunda parte de este libro comparten la preocupación por la ausencia, en la actualidad, de un modelo de desarrollo que proponga una forma de organización y funcionamiento de la economía susceptible de domesticar el progreso tecnológico, abriendo de esta forma paso a una salida progresiva a la crisis.

El análisis de la reestructuración industrial norteamericana desarrollado por Colin Bradford muestra, es cierto, una gran

capacidad de ajuste que se expresa en el dinamismo de la movilidad de los factores (capital y trabajo) entre los diferentes sectores. De forma que junto a la existencia de un conjunto de *sectores perdedores* aparece igualmente un conjunto de *sectores ganadores* (principalmente química, instrumentos y maquinaria eléctrica y no eléctrica). Sin embargo, existen serias dudas respecto a la posibilidad de constituir a partir de estos últimos una base lo suficientemente amplia como para resolver con éxito los problemas globales de productividad y competitividad internacional que afectan a la economía norteamericana. Esto para no hablar de las fuertes tensiones que en el plano macro-económico genera la persistencia de los déficits fiscal y comercial. De ahí entonces la nota pesimista respecto a la *crisis del ajuste* y la sensación de mayor vulnerabilidad que actualmente domina el escenario norteamericano.

La intensa desindustrialización que ha experimentado el Reino Unido aporta, por su lado, una contundente demostración acerca de los límites de la política *darwinista de selección de especies por el mercado*, discutida en el trabajo de Víctor Godínez.

La experiencia de la República Federal de Alemania estudiada en profundidad por Ricardo Domínguez, muestra cómo un mayor grado de control sobre las fuerzas del mercado permite limitar los daños causados por los procesos de reconversión e incluso alcanzar resultados positivos en cuanto a productividad y comercio exterior. Sin embargo, quedan igualmente de manifiesto las dificultades de la economía de la RFA para avanzar en el desarrollo de las industrias de alta tecnología y la polarización creciente de la sociedad entre un sector *garantido* y otro *precario*, inducida por el *neocorporatismo*, esto es la alianza entre el empresariado del sector moderno y los sindicatos correspondientes.

Más allá de sus *performances* en muchos planos espectaculares, el caso de Japón, estudiado aquí por Carlos Moneta, no está ausente de esta problemática. En efecto, la imposibilidad, por un conjunto muy variado de razones, de continuar aumentando al mismo ritmo sus exportaciones, hacen ineludible la puesta en práctica de una política de promoción activa de la demanda doméstica. Lo cual conducirá, a su vez, a un replanteamiento de muchas de las bases institucionales que hicieron posible el famoso milagro japonés. Asimismo, en el plano estrictamente tecnológico, Japón está confrontando la necesidad de asumirse como *sociedad supratecnológica*, debiendo de esta forma estructurar una política de ciencia y tecnología que otorgue una mucha mayor importancia a la investigación fundamental y no se limite a la especificación nacional de tecnología importada. Vasto programa que pondrá a prueba la capacidad de innovación tanto social como tecnológica de la sociedad japonesa.

Aunque referido a una situación en muchos sentidos distinta

de las anteriores, el análisis histórico de la industrialización española realizada por Cristóbal Montoro apunta a una cuestión también crucial en el debate sobre nuevas opciones de desarrollo: *la naturaleza de las intervenciones estatales*. Como se señala en ese trabajo, la regulación administrativa de la economía y la industria constituida durante el periodo autoritario, presenta un conjunto de rigideces que han hecho particularmente difícil el enfrentamiento de la competencia extranjera. Esto, agravado por la escasa capacidad de adaptación de las propias empresas públicas a las nuevas circunstancias industriales y tecnológicas.

En fin, el fracaso de la *otra lógica* que se intenta aplicar en Francia a partir de 1981,⁶ subraya la extrema dificultad que enfrenta la realización "en un solo país" de un proceso de modernización que se quiere socialmente progresivo.

No es de extrañar que así haya ocurrido. La segunda opción, esto es la búsqueda de un nuevo compromiso social acorde con las nuevas condiciones tecnológicas, está sujeta a requisitos particularmente exigentes. Por un lado, es preciso desarrollar un conjunto de formas institucionales —una nueva modalidad de regulación— susceptible de hacer emerger una coherencia macro-social dinámica. Por el otro, se requiere de un ordenamiento internacional que estimule la cooperación entre los países y el desarrollo en su interior de relaciones sociales superiores.

Como lo señala la contribución de Robert Boyer, la nueva coherencia macro-social aparece muy directamente vinculada a la noción de *flexibilidad*. En efecto, la introducción de nuevas tecnologías autoriza, como ya se vio, una mayor capacidad de especificación de los bienes y a partir de ella es posible pensar en una transformación radical de la organización de la producción cuya expresión concreta es el taller flexible automatizado.

Una nueva organización de la producción no es sin embargo concebible al margen de una nueva organización del trabajo. La producción flexible supone de hecho un grado mayor de conocimiento por parte de los trabajadores, así como una mayor *implicación* en el proceso productivo. Para ello se requiere de un mejoramiento general de la formación y de la estructura de las calificaciones, así como de las condiciones de trabajo mediante la eliminación de las tareas repetitivas, tediosas o insalubres.

Por otra parte, es de toda evidencia que la mayor flexibilidad en la organización de las actividades productivas debe acompañarse de una expansión cuantitativa y una reestructuración cualitativa de la demanda. Es sólo por esa vía que se crearon las condiciones de la materialización económica de los aumentos de productividad asociados a las nuevas tecnologías.

La definición de nuevas reglas de distribución de los aumentos potenciales de productividad se sitúa de esta forma en el

⁶ Ver el artículo de Víctor Godínez.

centro de las modificaciones que exige la emergencia de una coherencia renovada entre acumulación y regulación. La reducción de la jornada laboral como retribución a una productividad acrecentada del trabajo y parte muy fundamental de una solución durable al problema del desempleo, adquiere en este contexto una particular relevancia.

VI

Orden internacional y hegemonía tecnológico-industrial

Una de las características distintivas de la situación actual es la imposibilidad —incluso en los grandes países— de imaginar cursos de acción puramente nacionales. De hecho, la internacionalización en todas sus dimensiones constituye una de las tendencias mayores de nuestro tiempo. Desde este punto de vista, la crisis actual es también muy diferente a la Gran Depresión de los años treinta. Una salida de crisis por la vía del repliegue sobre los territorios nacionales no resulta esta vez posible, dados los elevados costos políticos, económicos e incluso militares que una opción de este tipo con toda seguridad implicaría.

De esta forma, la particular configuración del orden internacional ha pasado a ser un factor cada vez más decisivo. En última instancia, él determina el espectro de opciones posibles y obliga a pensar las políticas nacionales, no como un conjunto de definiciones independientes, sino más bien como la búsqueda de ciertos grados de libertad respecto de las restricciones externas.

Ahora bien, como lo ha hecho presente J. Tinbergen,¹⁷ Premio Nobel de Economía, en la actualidad la institución más retrógrada es precisamente la de las relaciones económicas internacionales. La forma que en este terreno adoptan las rivalidades y los afanes hegemónicos ha hecho imposible la emergencia de una verdadera *racionalidad mundial*.¹⁸

Manifiestamente, el contexto internacional está hoy día dominado por la lógica de la guerra. En el plano económico, los grandes conglomerados transnacionales despliegan todas sus energías a fin de aniquilar a sus competidores e inhibir la entrada a los mercados de potenciales rivales. Las formas de la competencia inter-empresas en el ámbito crucial de la electrónica, discutidas en el trabajo de Paulo Tigre, son un buen ejemplo de ello.

¹⁷ *Pour une terre viable*, Elsevier Savoir, Bruselas, 1976.

¹⁸ J. Pajestka, Hacia una mayor racionalidad mundial. Ponencia presentada al Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Economía, Madrid, *Comercio Exterior*, vol. 33, N° 12, México, 1983.

En la confrontación económica y las grandes maniobras estratégicas que animan las grandes potencias, la variable tecnológica ocupa un lugar primordial. Las contribuciones reunidas en la tercera parte de este volumen dan claramente cuenta de ello.

En los trabajos de José Miguel Insulza sobre las características actuales del *conflicto Este-Oeste* y de Carlos Portales sobre la *Iniciativa de Defensa Estratégica* (o *Guerra de las Galaxias*) se muestra como en la actualidad las interrelaciones tradicionalmente estrechas entre tecnología y estrategia militar han alcanzado un punto culminante.

Por una parte, las potencialidades asociadas a los nuevos desarrollos tecnológicos conducen a revisar las concepciones estratégicas hasta hace poco imperantes. En efecto, la posibilidad de construir un *escudo estratégico* que intercepte y destruya los misiles balísticos intercontinentales pone en cuestión el supuesto clave de las estrategias de disuasión, esto es la *destrucción mutua asegurada*. De esta forma, la posibilidad de disponer de sistemas defensivos eficientes, crea, paradójicamente, condiciones susceptibles de estimular comportamientos más agresivos.

A su vez, en una dinámica de retroalimentación, los nuevos diseños estratégicos dan origen a demandas específicas sobre la ciencia y la tecnología de cuya respuesta depende en definitiva la viabilidad de los primeros. Dichas demandas son múltiples y alcanzan elevados grados de sofisticación. Así por ejemplo, las necesidades en cuanto a detección plantean importantes requerimientos en el campo de la óptica y de los sistemas acústicos. A su vez las exigencias de mayor precisión de los armamentos estimulan la innovación, en particular en el terreno de las aplicaciones de los distintos tipos de rayos laser (químico, a gas, etc.) o de los haces de micro-ondas o de partículas. Otro tanto ocurre en el plano de la electrónica y de la computación, componentes ambos fundamentales de los nuevos dispositivos militares.

Más allá de la concreción práctica que en última instancia alcancen proyectos de esta naturaleza, parece posible afirmar que esta estrecha imbricación entre guerra y tecnología es generadora de efectos desestabilizadores sobre el conjunto de las relaciones internacionales.

En el contexto de las grandes maniobras estratégicas a que da lugar el conflicto Este-Oeste, se inscriben por otra parte los esfuerzos de la C.E.E. en vistas a recuperar el atraso tecnológico que ha venido acumulando Europa Occidental durante los últimos tiempos. Ese es el sentido del programa EUREKA analizado en detalle en la contribución de Philippe Lorino. Como lo señala el autor, Europa ha tomado con retraso conciencia de su propio atraso en materia industrial y tecnológica. Y aunque ella puede exhibir algunos puntos fuertes en sectores tales como el espacial, la aeronáutica y la energía nuclear, lo cierto es que los puntos débiles en sectores tan cruciales como la informática, la robó-

tica, el complejo electrónico o las biotecnologías, resultan ampliamente predominantes.

El programa EUREKA busca precisamente superar este atraso a través de un esfuerzo deliberado de investigación y desarrollo en el conjunto de áreas de punta en las cuales la posición europea aparece deficitaria respecto de los Estados Unidos o del Japón. El desafío es pues de envergadura y nada permite asegurar un éxito contundente. Los obstáculos que se oponen a la integración industrial y tecnológica de Europa son en verdad múltiples, comenzando por la falta de adecuación de todo el edificio comunitario para emprender una tarea no prevista por los constructores de la CEE. A ello se agregan los poderosos intereses en pugna por la conquista del vasto mercado europeo, lo cual hace pensar permanentemente en la amenaza de una cierta balkanización económica, independientemente de la voluntad política que pudiera existir en sentido contrario.

Sea como sea, los resultados de la batalla por la modernización tecnológica de Europa están llamados a jugar un rol fundamental en todo lo que a opciones de desarrollo se refiere. Esto por una doble razón. En primer lugar, porque se trata de un programa menos orientado, que la IDE por ejemplo, por las necesidades explícitas de la guerra. Y por el otro, dados los mayores avances de Europa en materia de legislación laboral y social, una modernización tecnológica exitosa tendría una gran oportunidad para abrir paso a una opción de desarrollo progresiva y socialmente concertada.

Así las cosas, el gran problema subyacente a todos estos desarrollos —el de la hegemonía mundial— puede ser interpretado a partir de dos lógicas, quizás no estrictamente alternativas pero sí distintas, de incorporación y desarrollo de la innovación tecnológica.

Por una parte, aquella que identifica la condición hegemónica con una situación de supremacía militar. En este cuadro, preciso es reconocer que los importantes cambios que han tenido lugar en el curso de las últimas décadas en la jerarquía internacional de las principales economías, resultan a fin de cuentas de escasa relevancia. Más aún, se destaca la gran asimetría entre el poderío económico de Japón y en menor medida de la RFA y su escasa significación en el plano militar.

De prevalecer esta lógica de subordinación del cambio técnico a las necesidades militares, todo indica que la escena internacional continuará dominada por los comportamientos agresivos y las competencias destructivas. El orden o más bien desorden internacional así constituido, será poco proclive a la experimentación social que necesariamente precede a la emergencia de un modelo de desarrollo con vocación de estabilidad y permanencia en el tiempo.

Por oposición a esa lógica, es posible pensar en una confron-

tación hegemónica basada, más que en la dominación militar, en la superioridad de la opción de desarrollo propuesta por una o un conjunto de potencias candidatas a la supremacía. En esta perspectiva, la capacidad de domesticar a las fuerzas del progreso técnico mediante la corrección de los efectos destructurantes que todo proceso de modernización no controlada necesariamente trae consigo, aparece como el factor decisivo. Se trata en suma de buscar la sincronización de los procesos de innovación tecnológica con aquellos relativos a la innovación en el campo de las relaciones sociales.

Una competencia hegemónica orientada por esa lógica conduciría al establecimiento de un orden internacional capaz de estimular la búsqueda en los distintos países de soluciones originales a los conflictos desatados por el viraje tecnológico. A diferencia del orden actual que impone más bien la convergencia de políticas que presentan en la mayoría de los casos un sesgo fuertemente recesivo, se trata de propender a un tipo de ajuste expansivo de la oferta y la demanda mundial en virtud del cual se supere el carácter regresivo de la noción de "competitividad" actualmente imperante y se legitime la búsqueda de nuevos compromisos sociales en el interior de las economías nacionales.

La escisión entre ambas lógicas de acceso a la hegemonía, responde a la indudable fragmentación del poder mundial que se ha producido en el curso de las últimas décadas. Luego de la Segunda Guerra Mundial, la afirmación de la supremacía norteamericana tuvo la particularidad de conseguir una estrecha articulación entre ambas. En efecto, el indudable poder bélico de los Estados Unidos se complementaba con la enorme atracción que sobre el resto del mundo ejercía el *American Way of Life*. La supremacía norteamericana reposaba sobre estos dos pilares.

En la actualidad, la articulación en el cuadro de un solo país de esos dos factores no parece ya posible. La reconstitución de un poder hegemónico pasa, en el nuevo contexto, por el establecimiento de alianzas que de una u otra forma conducen a la constitución de sistemas de poder compartido. Así se explican, por ejemplo, las tentativas norteamericanas de estrechamiento de los vínculos económicos e industriales con Japón (el eje nipoamericano que busca desplazar el centro de gravedad de la economía mundial desde el Atlántico hacia el Pacífico) o los esfuerzos por obtener una mayor implicación de los europeos en los dispositivos militares occidentales.

La necesidad de las alianzas como única forma de alcanzar la masa crítica a partir de la cual construir un poder hegemónico, le crean en principio, a Japón y Europa, una capacidad de negociación de la cual manifestamente no disponían en el momento de la afirmación de la supremacía indiscutida de los Estados Unidos al finalizar la Segunda Guerra.

El ejercicio de ese poder de negociación pasa por la capa-

cidad de europeos y japoneses de proponer opciones de desarrollo capaces de perfilarlos como un verdadero polo de atracción a nivel mundial.

Cabe sin embargo reconocer que los progresos en esa vía no son considerables. Dividida por sus disputas internas, Europa no ha sido capaz de concursar con éxito en la competencia mundial. El proyecto de *Espacio Social Europeo*, concebido como respuesta progresiva a la crisis, no ha podido ser llevado adelante. Por su parte, Japón, el gran vencedor de las batallas industriales recientes, ha mostrado mucha mayor preocupación por la penetración en los mercados externos que por la búsqueda de un modelo de desarrollo que endogenice las fuentes de su crecimiento.

Una prueba adicional en este sentido está dada por la incapacidad de las grandes potencias de plasmar un nuevo estilo de relación con el Tercer Mundo. Los resultados decepcionantes de la *subcontratación internacional* —analizados en este libro por Mario Lanzarotti—, expediente a través del cual se trataba de beneficiar a los países del Tercer Mundo de la "Nueva División Internacional del Trabajo", inducida por el viraje tecnológico, son en este plano altamente reveladores.

A MODO DE CONCLUSIÓN:

Algunas lecciones para el Tercer Mundo y América Latina

Los efectos de las innovaciones tecnológicas —es bien sabido— distan de ser enteramente neutros. Todo depende de los usos o desusos a los cuales éstas se destinan. Así por ejemplo, de la misma manera en que el desarrollo de los computadores puede permitir una mayor participación de la población en la gestión de los asuntos públicos, estos pueden también ser utilizados como instrumentos de control social y reforzamiento del poder de las burocracias centrales.

Otro tanto puede decirse en lo que respecta a los efectos del cambio tecnológico sobre el mundo en desarrollo. En efecto, en este campo los avances tecnológicos comportan simultáneamente un conjunto de nuevas oportunidades y de graves amenazas.

Las oportunidades que para los países en desarrollo abren las nuevas tecnologías son en verdad múltiples. Como lo consigna Carlota Pérez en su trabajo, la mayor flexibilidad de las actividades productivas autoriza un *nuevo enfoque del mercado interno*, toda vez que resulta posible superar los tradicionales problemas de estrechez de los mercados y generar configuraciones productivas más específicas y por lo tanto más adecua-

das a las necesidades de estos países. En este mismo sentido, los nuevos desarrollos tecnológicos, al hacer más difusas las fronteras entre los principales sectores productivos (primario, secundario y terciario), permiten redefinir favorablemente la dinámica de los procesos de industrialización a través de la constitución de *complejos productivos* a partir de los recursos naturales. Asimismo, se crean mejores posibilidades para proceder a operaciones de *descentralización* mediante la nivelación de las externalidades sobre el conjunto de los territorios. Por otra parte, los avances en particular en el campo de la informática, constituyen una gran oportunidad para proceder a la modernización de las estructuras administrativas, tradicionalmente lentas e ineficientes. En fin, las innovaciones en el terreno de las biotecnologías son portadoras de grandes potencialidades sobre todo para la agricultura al permitir, por ejemplo, la explotación de tierras áridas, la fabricación masiva de nuevas semillas y la solución de los problemas de salinidad y alcalinidad de vastas extensiones de tierras (Gonzalo Arroyo).

Con todo, las amenazas que igualmente se hacen sentir no son menos graves y diversas. En general, ellas resultan de la posibilidad de erosión de las ventajas comparativas que los países en desarrollo disponen en términos de mano de obra y recursos naturales.

La robótica y la automatización de los procesos productivos implican, entre otras consecuencias, una disminución del componente salarial en la estructura de costos. De esta forma, la modernización de actividades productivas antiguamente intensivas en trabajo, puede conducir a una modificación drástica de los procesos productivos correspondientes, creándose de esta forma las condiciones para que los países desarrollados recuperen niveles de competitividad que hasta no hace mucho se consideraban irremediablemente comprometidos. El desafío europeo de "la camisa a medida en tres minutos", mediante la incorporación del laser y la informática a la industria textil, es ilustrativo de este cambio.

En otro plano, la introducción de talleres flexibles y los avances de las investigaciones en el campo de los nuevos materiales, encierran graves peligros para los países en desarrollo, toda vez que el grueso de sus exportaciones resulta afectado por las tendencias al ahorro de materias primas y a su sustitución por materiales sintéticos. En el mismo sentido apuntan algunos progresos recientes en el área de las biotecnologías de los cuales un ejemplo típico es el desplazamiento del azúcar de caña por las isoglucosas.

La inclinación de la balanza hacia el lado de las oportunidades o bien hacia el lado de los peligros, depende en última instancia de la aptitud de los países en desarrollo para participar con todos los medios a su alcance en la revolución tecnológica

en curso. Una actitud de prescindencia bajo el pretexto de que las urgencias son otras resultaría francamente suicida. La extrema marginalidad internacional sería con toda seguridad la sanción a una opción de ese tipo.

En el caso de América Latina, enfrentada —como bien lo señala Gonzalo Martner— a una crisis global todavía más profunda que la de los años treinta, el debate sobre los desafíos presentes y futuros del desarrollo, adquiere una particular urgencia. La consolidación de la democracia y de un desarrollo más autónomo y equitativo pasan por asumir en plenitud la necesidad de la modernización. Dar la espalda al progreso científico y tecnológico significaría en los hechos desconocer la envergadura de los importantes desafíos que la región deberá enfrentar de aquí al final del milenio: crear cerca de 100 millones de nuevos empleos, modificar la distribución de los ingresos, dinamizar el mercado latinoamericano, promover la integración social, etc.

De ahí la importancia de la insistencia de Francisco Sagasti en cuanto a la necesidad de una *endogenización gradual y progresiva de la base científico-tecnológica* de la región. Urge pues —como bien señala el autor— arbitrar medidas destinadas a superar la marginalidad de América Latina en la producción científico-tecnológica internacional. Para ello es vital que la región retome los esfuerzos que con anterioridad a la crisis había venido haciendo en el plano de la investigación y el desarrollo.

A este respecto, la experiencia brasileña analizada en este volumen en el trabajo de Fabio Erber aporta significativas lecciones. En virtud de una clara voluntad política de modernización, la industria brasileña ha sido capaz de dar un gran salto adelante que le ha permitido llegar a disponer de una industria de bienes de capital casi completa y de un considerable potencial de exportación de manufacturas y de sectores de punta, en particular en segmentos de la informática y la aeronáutica, que han adquirido rápidamente niveles internacionales de excelencia y competitividad.

Conviene, en todo caso, prevenir en contra de un optimismo tecnológico desmedido. La tecnología no constituye una variable independiente, susceptible de modificaciones al margen de las condiciones políticas, económicas y sociales que configuran una determinada realidad. Allí radica, precisamente, la frontera más allá de la cual se pasa abruptamente al mundo de las utopías y las meras ilusiones.

Entre el escape hacia la utopía y la fijación en un pasado que ha quedado irreversiblemente atrás, existe un espacio que América Latina debe saber ocupar. Como se señala en la contribución de Carlos Pérez Llana, con la cual se cierra nuestro Anuario, en lo esencial América Latina continúa desconociendo las grandes transformaciones que se suceden en el escenario in-

ternacional. Es pues vital romper tanto con el provincialismo como con la tendencia a la sobreideologización de los análisis sobre el mundo contemporáneo. De ahí, el interés de la propuesta de modernización de los servicios exteriores de los países de la región a fin de adecuarlos al requerimiento de procesos que, al no ser debidamente comprendidos, pueden obligar a la región a una penosa retirada de la historia.

CARLOS OMINAMI

Santiago, agosto de 1986

**Pat Mooney
Kathy-Jo Wetter
Jim Thomas
Alejandro Nadal
Silvia Ribeiro
Andrés Barreda**

La convergencia tecnológica

(nanotecnología, biotecnología, informática...)

¿el futuro de la ciencia?

Documentos disponibles en el sitio web de ETC Group (www.etcgroup.org) sobre nanotecnología:

La inmensidad de lo mínimo. De los genomas a los átomos. Tecnologías que convergen en la nanoescala.

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=396>

Es el primer documento amplio con un análisis crítico de la nanotecnología. El informe de 90 páginas, busca ampliar el foco de la sociedad civil y los elaboradores de políticas más allá de la biotecnología y los cultivos transgénicos, y catalizar un amplio debate público de los impactos sociales de la nanotecnología.

(En inglés: *The Big Down: Atomtech - Technologies Converging at the Nano-scale* <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=375>)

La teoría del pequeño BANG. La estrategia de las tecnologías convergentes

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=386>

La unidad operativa de las ciencias de la información es el bit, la nanotecnología manipula los átomos, las ciencias cognitivas se ocupan de las neuronas y la biotecnología explota los genes. Las iniciales de bit, átomo, neurona y gene integran la palabra BANG. Fusionar esas tecnologías en una sola, dicen sus promotores, llevará a una revolución industrial gigantesca y a un "renacimiento" de la sociedad que garantizarán la dominación de Estados Unidos tanto militar como económica en el siglo 21. El Gobierno de Estados Unidos se refiere a esta convergencia de tecnologías como NBIC, nano-bio-info-cogno. El Grupo ETC le llama la *Teoría del pequeño BANG*: bits-átomos-neuronas-genes.

(Y en inglés: *The little Bang theory* <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=378>)

***Size Matters! The Case for a Global Moratorium* (únicamente en inglés):**

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=392>

Décadas después de su aparición en los laboratorios y en productos de consumo, algunos científicos están cuestionando si debería implementarse una moratoria a la investigación de las partículas nanoescalares, tan apreciadas por sus características cuánticas y sus reacciones químicas, debido a sus posibles impactos negativos en la salud humana y el ambiente. No existe normatividad de los gobiernos de Europa y Norteamérica para asegurar la inocuidad de los nanoproductos y la seguridad de los trabajadores y consumidores. Sin embargo las nanopartículas inundan el mercado de productos para la salud, el cuidado personal y los nuevos materiales.

Ahí viene la Plaga... Verde - La nanotecnología cobra vida.

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=379>

El término "nanotecnología" la manipulación de la materia a escala de un nanómetro, la millonésima parte de un milímetro, posiblemente evoque en la conciencia pública imágenes de robots microscópicos que construyen automóviles BMW, hamburguesas o paredes. En algunos inspira el miedo a que los nano robots invisibles se rebelen y multipliquen incontrolablemente inundando al planeta un escenario conocido como plaga gris. Otros, recordando 1984 de George Orwell, ven la nanotecnología como el puente a la nueva dominación militar-industrial del Gran Hermano: la dictadura gris. Hay posibilidades de que la plaga gris o la dictadura gris se vuelvan realidad, pero por ahora no pasan de imaginarios sobre lo que puede ser el futuro tecnológico.

(Y en inglés: *Green Goo: Nanotechnology Comes Alive!* <http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=373>)

¡No es poca cosa! Las partículas nanotecnológicas penetran las células vivas y se acumulan en los órganos animales

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=357>

Las discusiones sobre los peligros potenciales de la nanotecnología (que es la manipulación de la materia en la escala de un nanómetro, un milésimo de un millonésimo de metro) se han llevado a cabo puramente en el plano teórico, o bien en el mundo de la ficción de las películas de Hollywood: ¿será que los científicos podrán crear en el futuro nanorobots que se autoensamblen, programados para fabricar todo tipo de bienes comerciales, alimentos y nuevas formas de vida? ¿Qué podría pasar si se logra esto?

Patentando elementos de la naturaleza ¡También se deben rechazar las patentes sobre lo no-vivo!

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=325>

Entre los temas de la "Agenda 21", el plan de trabajo ambiental que resultó de la Cumbre de la Tierra hace 10 años, están la biotecnología, la tecnología Terminator y los monopolios de patentes sobre la "vida". Sin embargo, sin que los elaboradores de las políticas lo hayan notado, la industria de la nanotecnología está adquiriendo el mismo amplio espectro de patentes que promovieron la formación del monopolio de la biotecnología. Patentar a nano-escala puede significar monopolizar los elementos básicos que hacen posible la vida. ¿Podrían los nanotecnólogos patentar elementos en la Tabla Periódica? ¡No sería la primera vez!

Siglo ETC. Erosión, Transformación Tecnológica y Concentración Corporativa en el Siglo 21

<http://www.etcgroup.org/article.asp?newsid=306>

Libro de Pat Mooney en el que se analizan las tendencias tecnológicas para el siglo 21, con sus impactos erosionantes para la cultura y los recursos naturales, y se critica con abundancia de datos y discusiones la formación de monopolios corporativos.

Microscópicos robots lucharán contra enfermedades humanas

Nanotecnología, revolución industrial del siglo XXI

**CONSUELO CONTRERAS
ESQUIVEL**

En poco tiempo el mundo podrá ver los resultados de la investigación en nanociencias y nanotecnología, disciplinas que se empezaron a explorar en la década de los noventa, pero de las que ya hay grandes avances y expectativas. Científicos de todo el mundo coinciden en que estamos ante la nueva revolución industrial del siglo XXI.

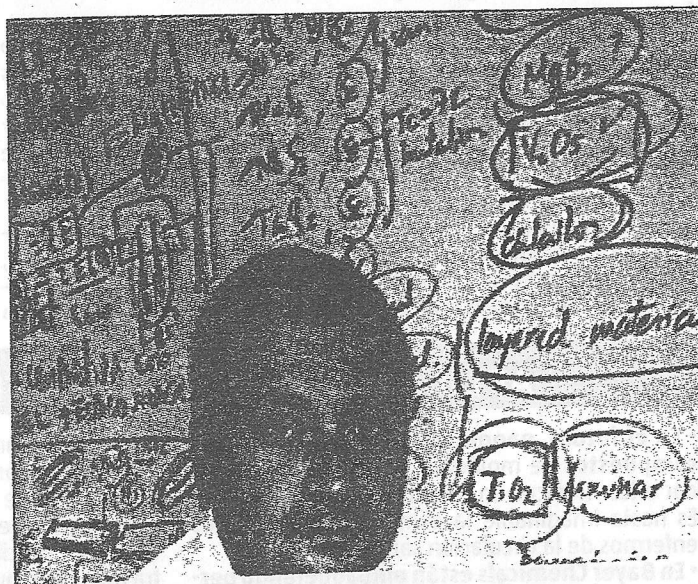
La llegada de las nanociencias marcan una revolución científica sin precedentes que cambiará la visión que del mundo tenemos hasta ahora, podremos beneficiarnos de diminutos robots que ataquen virus; de sensores que detecten enfermedades antes de que haya síntomas o de la destrucción de tumores cancerosos a través de pequeñas "naves" que viajarán por el interior del cuerpo.

Similar a lo que ha ocurrido en el ámbito de la electrónica, las nanociencias son disciplinas que se mueven en el mundo de lo di-

Un torbellino tecnológico está naciendo y tiene sus cimientos en el campo de la física, su nombre es nanotecnología y revolucionará el mundo de la medicina, de la industria y de la economía. Los científicos piensan que en los próximos diez años, los avances de esta ciencia llevarán al hombre a descubrimientos increíbles

El propósito de las nanociencias es investigar qué pasa con la materia a escalas entre uno y 100 nanómetros, y la nanotecnología elabora maquinaria e instrumentos para manipularla y controlarla.

especiales donde el material más duro puede convertirse en el más blando, el vidrio ser tan resistente como el pegamento; y los metales transformarse en colorantes con propiedades magnéticas que se puedan activar o desactivar a voluntad.



túan como repelentes o absorbentes de los rayos ultravioletas. Otro ejemplo sería la pasta dental, los consumidores no se dan cuenta que sus dientes quedan más blancos gracias a las nanopartículas que los dentífricos contienen.

OTRO PUNTO DE VISTA

La bibliografía reporta que ya se están empleado colorantes fluorescentes a base de nanoluminóforos, con los que se marcan determinados anticuerpos que al unirse al agente patógeno quedan íntimamente ligados a las proteínas de dichos gérmenes; así, los médicos pueden determinar cuantitativamente la presencia de proteínas específicas en la sangre del paciente. Los colorantes fluorescentes se emplean cada vez más para aumentar la rapidez y confiabilidad en el diagnóstico médico de enfermedades víricas, oncologías o por defectos genéticos a través del método de análisis de ADN.

Otras de las múltiples posibilidades que se abren con la investigación en nanociencias es

CONTINUE EN LA SIGUIENTE PAGINA

se mueven en el mundo de lo diminuto, de lo que el ojo humano no puede percibir, de ahí su nombre de nanociencia (del latín, *nanus*; diminuto).

La revista *Research*, de Bayer, refiere que para comparar en escala se puede decir que una nanopartícula es a una pelota de fútbol, lo mismo que una pelota de fútbol es al globo terráqueo.

En las nanociencias se trabaja con escalas que parten del nanómetro (nm), y un nanometro es la millonésima parte de un milímetro, por lo tanto, la nanotecnología crea dispositivos como los "nano-motores", "nano-trampolines", "nano-cables" y "nano-transistores", elementos que permitirán reducir más aún las dimensiones de futuras computadoras y otros aparatos electromédicos y de telecomunicaciones.

LO QUE NO SE PUEDE VER

El nanomundo no se puede observar a simple vista, la longitud de onda de la luz normal no permite ver las nanopartículas; de hecho, para observarlas se precisa de nuevos instrumentos, uno de ellos es el microscopio de fuerzas atómicas, el cual "permite palpar" este mundo diminuto. También admite a los científicos manipular átomos y moléculas, así como variar su orden y formación en las superficies. Asimismo, los clasifica en la escala nanométrica, y con ello obtienen importantes datos sobre las propiedades de las sustancias de las que emergen.

Del mismo modo que los antiguos alquimistas buscaban convertir cualquier metal en oro. Actualmente los científicos con base en las nanopartículas, las cuales tienen un comportamiento bastante diferente al material de donde provienen, elaboran artículos con características muy

var a voluntad.

ESPECIALMENTE ÚTIL A LA MEDICINA

Según el doctor Humberto Terrones Maldonado, especialista en teoría y experimento de nanoestructuras de materiales laminares y estructuras atómicas complejas, la repercusión de la nanotecnología en el campo de la medicina se verá en todo su esplendor a mediano y largo plazo, dependerá, dice, de la celeridad que den los países a la investigación en este rubro.

El también director de la Sociedad Mexicana de Nanociencias y Nanotecnología A. C. (SOMENANO), afirmó que ya se investiga sobre nanoestructuras para atacar bacterias y engañar a los virus, dichas nanopartículas podrían ir cargadas por ejemplo de plata (metal con acciones antibacteriales) que al ser inyectados al organismo, se dirijan, por atracción natural al lugar infectado y una vez ahí hacerlas estallar y acabar con los agentes patógenos.

El doctor Terrones dice que gracias a la nanotecnología tendremos materiales más compatibles para implantes, así como nanosensores que permitirán monitorear internamente el cuerpo desde el momento mismo de nuestro nacimiento a fin de detectar cualquier enfermedad, incluso antes de presentar síntomas y avisar de estas altera-



El científico Humberto Terrones Maldonado, investigador titular "C" del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), resaltó que si bien no hay una relación inmediata entre la genética y la nanociencia resultará muy interesante el fusionar el conocimiento del genoma humano con el control de átomos y moléculas. "Lo anterior entraría en lo que se denomina nanobioteología. Veo que las dos disciplinas son complementarias".

En los envases de alimentos hay escondidas nanopartículas que impiden que las carnes o el queso se resequen y se echen a perder.

de bloqueadores solares que ya tienen nanoestructuras que ac-

APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA

- **En el futuro, nanomáquinas con engranajes compuestos** de moléculas aisladas podrán ayudar a los médicos en tratamientos más precisos. Es hasta imaginable la eliminación de glóbulos enfermos de la circulación sanguínea.
- **En Bayer Chemicals están empaquetando perfume** en microcápsulas de plástico que miden cin-

co micrones (unas pocas milésimas de milímetro) y que al ser observadas al microscopio es casi imaginable que les quepa algo, todo eso, para que al momento de sentarse, las esferas estallen y el conductor perciba un olor a "Blue line". Una muestra más de lo que puede hacer la nanotecnología.

Bayer Research. No. 15

la elaboración de cápsulas inteligentes o robots médicos de tamaño nanométrico. Estos serían inyectados al paciente y, después de recorrer el organismo a través del torrente sanguíneo, la sustancia activa se soltaría en el sitio preciso donde se detectara la enfermedad.

Una aplicación más serían los medicamentos de duración prolongada, en realidad microesferas o nanoesferas con medicamento que se irá disolviendo lentamente, la dosis sería la misma, pero en lugar de tomar una pastilla cada ocho horas, únicamente se tomaría una por la mañana.

Asegura Terrones Maldonado que las nanociencias y la nanotecnología jugarán un papel sin precedente en nuestra vida diaria "asimismo, habrá toda una industria alrededor de ellas que moverá economías. Aquellos que dominen las industrias de nanotecnología dominarán la economía".

Es necesario, agrega el científico mexicano, que el gobierno, la sociedad y la industria se unan para apoyar el desarrollo de la nanociencia en México, toda vez que hace falta un programa nacional para el desarrollo de estas disciplinas y para que los investigadores cuenten con un presupuesto especial, pues de no hacerlo así es muy posible que los científicos mexicanos emigren a otros países donde sí aprovechen sus conocimientos y su disposición en bien de la ciencia. "En nuestro país, pese al esfuerzo de varios hombres de ciencia, no hemos podido convencer a las autoridades de la importancia de las nanociencias y de los beneficios que puede representar para el desarrollo de la nación. De no cambiar la mentalidad de los responsables, México corre el riesgo de convertirse en un país aún más pobre".

A N E X O

PROGRAMA DE LA DIVISION DE
CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES
FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.

CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

ASIGNATURAS SOCIOHUMANÍSTICAS

División

Departamento

Fecha de aprobación del

* Consejo Técnico de la Facultad: 4 de mayo de 1995

* Consejo Académico del Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las Ingenierías: 8 de noviembre y 6 de diciembre de 1995
30 de enero de 1996

Programa de la asignatura: TEMAS SELECTOS DE FILOSOFÍA DE LA CIENCIA Y DE LA TECNOLOGÍA: CIENCIA, TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD

Clave: 1416 Núm. de créditos: 6 Carrera: IC, ICo, IFe, IGF, IGI, IIn, IMe, IMm, IPe, ITg, ITe

Duración del curso: Semanas: 16.0

Horas: 48.0 Semestre: 40, 50, 60

Horas a la semana: Teoría: 3.0 Obligatoria: X

Práctica: Optativa:

OBJETIVO DEL CURSO

El alumno explicará la naturaleza y el significado de la ciencia y la tecnología en las sociedades modernas, basado en las perspectivas histórica, ética, económica, social, política y cultural.

TEMAS

Núm:	Nombre	Horas:
I	INTRODUCCIÓN	3
II	CIENCIA ¿PARA QUÉ?	6
III	TECNOLOGÍA ¿PARA QUÉ?	6
IV	CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PROGRESO	6
V	CIENCIA, TECNOLOGÍA Y TRABAJO	9
VI	CIENCIA, TECNOLOGÍA Y POBLACIÓN	9
VII	CIENCIA, TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN	9
		48

ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y CONTENIDOS DE LOS TEMAS

I.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVO:

El alumno explicará los objetivos, metas y justificación del curso.

CONTENIDO:

- I.1 Contenido del Programa
- I.2 Objetivos
- I.3 Justificación de la asignatura
- I.4 Forma de trabajo

II.

CIENCIA ¿PARA QUÉ?

OBJETIVO:

El alumno definirá si la ciencia ha tenido un impacto benéfico en la sociedad.

CONTENIDO:

- II.1 Conceptos básicos
- II.2 Evolución histórica de la ciencia y su utilización
- II.3 El papel de la ciencia en el desarrollo
- II.4 Por qué el centro de la cultura se desplaza de las humanidades a las ciencias

III.

TECNOLOGÍA ¿PARA QUÉ?

OBJETIVO:

El alumno explicará el impacto que la tecnología ha alcanzado en la vida social y económica del mundo actual.

CONTENIDO:

- III.1 Los problemas de la definición
- III.2 Aspecto técnico
- III.3 Aspecto organizacional
- III.4 Aspecto cultural

IV.

CIENCIA, TECNOLOGÍA Y PROGRESO

OBJETIVO:

El alumno explicará la clase de progreso que la ciencia y la tecnología han realizado y su influencia en el desarrollo humano.

CONTENIDO:

- IV.1 La medición del progreso
- IV.2 La organización del trabajo
- IV.3 Movimiento en el progreso. Las grandes oleadas de la industrialización

ANTECEDENTES, OBJETIVOS Y CONTENIDOS DE LOS TEMAS

- V. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y TRABAJO
- OBJETIVO: El alumno explicará los problemas sociales que ha creado la ciencia y la tecnología en el proceso del trabajo humano.
- CONTENIDO:
- V.1 El trabajo en las sociedades antes y después de las revoluciones industriales
- V.2 El trabajo en las sociedades contemporáneas influenciadas por la innovación tecnológica
- V.3 Influencia de las nuevas tecnologías en el tipo de trabajo. Ocupaciones, cambios organizacionales, relaciones industriales, competitividad.
- V.4 Transformaciones y problemas del trabajo por las innovaciones científicas y tecnológicas
- VI. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y POBLACIÓN
- OBJETIVO: El alumno explicará el incremento de la población como consecuencia de los mejores índices de salud, creados por la ciencia y la tecnología y el problema que representa el crecimiento incontrolado de la población.
- CONTENIDO:
- VI.1 Causas y efectos del crecimiento de la población
- VI.2 Bienestar social
- VI.3 Consecuencias éticas y sociales de la ciencia y la tecnología
- VII. CIENCIA, TECNOLOGÍA Y COMUNICACIÓN
- OBJETIVO: El alumno tomará conciencia de que la moderna comunicación ha puesto en contacto a todas las culturas y naciones de la Tierra, y en consecuencia, ha creado los conflictos entre los diferentes sistemas de producción.
- CONTENIDO:
- VII.1 Proceso de información
- VII.2 Los sistemas de comunicación
- VII.3 Comunicación tecnológica

TÉCNICAS DE ENSEÑANZA:

Exposición oral (X)
 Exposición audiovisual (X)
 Ejercicios dentro de clase (X)
 Ejercicios fuera de aula (X)
 Seminarios (X)
 Lecturas obligatorias (X)
 Trabajos de investigación (X)
 Prácticas de taller o laboratorio ()
 Prácticas de campo ()
 Otras: _____

ELEMENTOS DE EVALUACIÓN:

Exámenes parciales (X)
 Exámenes finales (X)
 Trabajos y tareas fuera del aula (X)
 Participación en clase (X)
 Asistencia a prácticas ()
 Otras: _____

ANTECEDENTES

Asignatura

Clave

Temas que se requieren

CULTURA Y COMUNICACIÓN

1107

CONSECUENTES

Asignatura

Clave

TEMAS SELECTOS DE HISTORIA, LITERATURA Y SOCIEDAD.

1520

BIBLIOGRAFÍA

Textos Básicos:

Temas de la materia para los que se recomienda:

- 1.- ORTEGA Y Gasset José
"Meditación de la Técnica"
Revista de Occidente, 1968
- 2.- DE GORTARI, Eli
"La Ciencia en la Historia de México"
Grijalbo, 1979
- 3.- KAPLAN, Marcos
"Ciencias, Sociedad y Desarrollo"
UNAM, 1987
- 4.- LEFF, Enrique
"Ciencia, Técnica y Sociedad"
ANUIES, 1977
- 5.- PACEY, Arnold
"La Cultura de la Tecnología"
F.C.E., 1990
- 6.- VIQUEIRA, Landa Jacinto
"Introducción a la Ingeniería"
Ingeniería, Sociedad y Medio Ambiente
Limusa, 1994

Bibliografía
Complementaria:

- 1.- SINGER, Charles
"Historia de la Ciencia"
F.C.E., 1945
- 2.- NEWMAN, James R.
¿Qué es la ciencia?
Aguilar, 1962
- 3.- DERRY, Williams
"Historia de la Tecnología"
- Desde la antigüedad hasta 1750
- Desde 1750
Siglo XXI, 1987
- 4.- BUNGE, Mario
"La Ciencia su Método y su Filosofía"
Siglo XXI, 1989
- 5.- BRAUDEL, Fernand
"Las Estructuras de lo Cotidiano"
Civilización material económica y capitalismo S XV-XVIII
Alianza Editorial
- 6.- DRUCKER, Peter
Post-Capitalist Society
Harper Business, 1993

CAJA
215 - A

FACULTAD DE INGENIERIA UNAM.



611326

G.- 611326

FACULTAD DE INGENIERIA

Coordinación de Bibliotecas

FECHA DE DEVOLUCION

EL LECTOR SE OBLIGA A DEVOLVER
ESTE LIBRO ANTES DEL VENCIMIENTO
DE PRESTAMO INDICADO POR EL SELLO

COLOCACION:

CAJA
215-A

NUMERO DE ADQUISICION:

G 611326



**Universidad Nacional
Autónoma de México**

**Facultad
de
Ingeniería**
