



Epistemología de la ingeniería

Autor:

Dr. Ing. Johny Molleja

INDICE

PROLOGO.....	3
PREFACIO.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
CAPITULO I.....	18
CAPITULO II.....	27
CAPITULO III.....	41
CAPITULO IV.....	53
CAPITULO V.....	63.
CAPITULO VI.....	72
CAPITULO VII.....	88
7.1 Gestion Tecnologica.....	101
CAPITULO VIII.....	108
8.1 Investigaciones en Ciencias Naturales.....	109
8.2 Investigaciones en Ciencias Sociales.....	113
8.3 Investigaciones en Ingeniería.....	116
8.4 Definiciones y conceptos.....	119
REFERENCIAS.....	130

Prologo

En los albores del siglo XXI, nos encontramos en un mundo dominado por la tecnología, impregnado de maquinas, ingenios y aparatos que dominan cada área del saber y quehacer del hombre. Es por eso que la globalización informática y las tecnologías de la información, que han surgido en los últimos cincuenta años han transformado el mundo que nos rodea en grado comparable a toda la historia previa de la humanidad de los cinco mil y tantos años de historia occidental documentada.

El mundo actual se nos antoja pequeño, las comunicaciones permiten transmitir información y contactar personas con audio y video a la velocidad de la luz, entre puntos de la superficie terrestre casi de manera instantánea, la televisión, la radio y las comunicaciones electrónicas están ahora tan disponibles para cada ciudadano del planeta que las distancias geográficas parecen no existir, en suma, la globalización derivada de las tecnologías de información y comunicación son sin duda una revolución en la forma de vida de la humanidad del siglo actual. La masificación de la producción de bienes y servicios alcanzados un nivel que, en sentido práctico, es capaz de satisfacer los requerimientos de alimentación, salud y bienestar de toda la humanidad sino existiera el problema de la repartición de la riqueza y los problemas del intercambio desigual entre sociedades y naciones. Hay que subrayar que gracias a la tecnología, desde el punto de vista de cantidad de producción de alimentos, vivienda y vestuario; la humanidad está hoy día en capacidad de mantener la población mundial actual, de cerca de siete mil millones de habitantes.

El desarrollo de la ciencia y de sus aplicaciones nos luce hoy día incuestionable como recurso para superar obstáculos que en épocas pretéritas parecían insalvables: se ha dominado las fuerzas de la naturaleza para generar energía aprovechando la luz solar, las mareas y los vientos; incluso a partir de las fuerzas al interior del átomo: tanto de la fisión como de la fusión nuclear como lo hace el Sol (ya hay reactores de fusión experimentales); se ha modificado la genética para generar nuevas especies vegetales y productos naturales; se ha podido transformar la noche en día gracias a la electricidad, se han ocupado los hábitats más cálidos, más fríos y más recónditos del planeta, haciendo habitable artificialmente cualquier área del planeta: desecando ríos y lagunas, creando islas artificiales, lagos artificiales y cultivando desiertos, transformando montañas en mesetas, perforando túneles a través de montañas y por debajo del océano para conectar por ejemplo Gran Bretaña con Francia a

través del Euro-túnel, o a través de la cordillera de los Alpes; y un largo etcétera que haría tan ocioso como inacabable la lista de logros concretos de la tecnología frente a las fuerzas y límites naturales en la época actual.

Un aspecto crucial en el desarrollo de la tecnología, es el cambio de la humanidad tras la llamada revolución industrial, es decir en la transformación de la civilización una vez que las maquinas se hicieron frecuentes en las actividades humanas, como comenzó en el siglo XIX hasta ahora. Y es que, lo que caracteriza el mundo a partir de las “maquinas de vapor” y con otras maquinas basadas en los motores eléctricos o incluso el automóvil, es que estos son ingenios que reemplazan y extienden la acción humana con una fuente de energía no vital que les provee su movimiento. La rueda o la carreta son ingenios pero estrictamente no son maquinas por cuanto requieren de la tracción a sangre (de animales o del hombre), una herramienta tampoco es en sí misma una maquina si requiere como fuente de energía la humana. Todo aquel ingenio que, produzca o transmita movimiento, vale decir esté animado y su fuente de energía no sea vital (de naturaleza animal) es una maquina. Las primeras maquinas fueron los barcos a vela, impulsados por la energía cinética del viento. Luego surgieron como maquinas las norias y molinos que aprovechaban la fuente de energía cinética (o de movimiento) de las corrientes de agua de los ríos y de los vientos respectivamente, para generar el movimiento circular de una rueda, que se aprovecha para moler granos por ejemplo.

Pero antes de la Revolución Industrial, más concretamente antes de la invención de las maquinas de vapor, la fuente de energía de las primeras maquinas (barcos a vela, molinos, norias, etc) eran solo fuentes naturales: el movimiento de las corrientes de aire y agua de la naturaleza. La revolución industrial proveyó a las maquinas de fuente de energías artificialmente generadas: el vapor primero (que incluye su generación a través de los combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas), la electricidad después y la energía atómica y solar; además de la generación de energía electromagnética por medio de los dinamos (que incluye el aprovechamiento de fuentes de energía geotermales, hidrotermales, hidroeléctricas, de mareas, eólica y similares).

Así pues las maquinas modernas (post revolución industrial) son ingenios derivados de la técnica, fundadas en la generación y transmisión de cantidad de movimiento, que operan con una fuente de energía artificial; con el propósito de reemplazar o extender una

determinada acción humana, para la ejecución de una tarea o labor. Es a finales del siglo XIX cuando se generaliza el uso de las maquinas modernas y principia la era de la Tecnología. El diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento y reparación de tales maquinas modernas requiere de personal especializado y calificado; vale decir del “maquinista” o “Engineer”. Surge así el tecnólogo o Ingeniero; cuya formación queda a cargo de las llamadas Escuelas Politécnicas y Universidades de la era Napoleónica en Francia, Inglaterra y Alemania. La Ingeniería como la conocemos hoy; como disciplina autónoma diferente y derivada de las ciencias exactas y naturales, nace con la Revolución Industrial del siglo XIX; devenida como tecnología, lo que supone la producción masiva y económicamente factible de bienes y servicios a través de maquinas modernas, en el sentido anteriormente explicitado.

El Ingeniero trata entonces con objetos artificiales, concretos y tangibles; con propósito y fines intencionados; como lo son las maquinas. La Ingeniería, a diferencia de las Ciencias Exactas y naturales de las que se nutre y fundamenta, no trata con meras ideas o entelegias, ni con fenómenos naturales carentes de para qué; sino mas bien trata con aparatos, artefactos y dispositivos que constituyen las maquinas, con fines específicos y expresamente diseñados. Luego, desde el punto de vista ontológico, la Ingeniería o la esfera Tecnológica, difiere de la Naturaleza y del conocimiento de la Filosofía Natural (gnoóesfera); puesto que las maquinas modernas son mucho más que los fenómenos naturales en los cuales se fundamenta. Esta diferencia ontológica entre las maquinas (objetos concretos artificiales e intencionados) y los fenómenos naturales (objetos ideales abstractos y mensurables) deviene también en una diferencia epistémica en la generación de su conocimiento. Ergo, la epistemología de la Tecnología (maquinas modernas) y del mundo de la Ingeniería, es por esencia y finalidad, diferente a la epistemología de las Ciencias naturales (fenómenos mensurables), de las ciencias formales (entelegias ideales) y de las Ciencias Sociales (relaciones entre lo humano y el entorno).

Frente a este desarrollo de la Tecnología, de los ingenios y realizaciones producidos en base a la Ciencias experimentales y exactas; cabe preguntarse cuál es el fundamento de la Tecnología. Vale decir: replantarse la pregunta de qué y cómo se generan las ideas en el mundo de la Ingeniería, entendida como ciencia aplicada para la satisfacción de necesidades concretas de la sociedad y para la creación artificial de objetos y manufacturas. No se trata de un ejercicio retorico de que es y para qué sirve la Tecnología; se trata y así lo plantea el Dr. Molleja en su obra: Epistemología de la Ingeniería; de comprender y analizar el rol de la

Tecnología y los fundamentos teóricos de la misma. Con claridad meridiana, el Dr. Molleja, nos hace transitar por los procesos históricos de los logros de la civilización occidental y del dominio de las artes y técnicas; desde los albores de la humanidad hasta la época actual. En un discurso narrativo ameno, concreto y específico; sin soslayar las dificultades conceptuales que suponen la teorización formal de la Tecnología y sus prolegómenos éticos, inmersos en las complejas relaciones políticas-sociales y económicas del mundo que nos rodea.

La tesis desarrollada a lo largo de la obra plantea, en suma; la importancia de la epistemología de la Ingeniería, en la concreción de la formación de los recursos humanos que generan y administran las maquinas: en la formación y labor, de los Ingenieros y de la creación tecnológica.

Dr. Nelson Falcón

Catedrático Emérito de la Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología

Universidad de Carabobo

PREFACIO

Nuestra sociedad está recibiendo, día a día, no solo impactos ambientales si no también “golpes” intelectuales producidos por los cambios científicos y tecnológicos. Digo “golpes” pues este gran caudal de información es bien recibido por un pequeño grupo de nuestra elite universitaria pero la mayoría de nuestra sociedad no está preparada para organizar, controlar y utilizar este conocimiento en forma efectiva y eficiente. Un primer paso para el buen entendimiento de estos avances tecnológicos es tomar conciencia de su evolución. El Dr. Molleja nos presenta, en la primera parte de este libro, una síntesis de la evolución de la ingeniería, desde su nacimiento artesanal hasta el impacto social, económico y hasta político en la sociedad moderna. Nos demuestra, además, la sutil diferencia de la visión de la ingeniería con respecto a la de la ciencias naturales para sustentar una epistemología propia para la ingeniería.

Los educadores siempre tratan de dilucidar como el cerebro humano desarrolla el conocimiento. Pero ¿que es el conocimiento?, ¿que necesidad lo origino?, ¿Cómo se clasifica?, ¿Cómo evoluciona?. Nuestro autor nos presenta un modelo de interpretación del conocimiento, su evolución y una nueva clasificación interesante, justificada por la evolución de nuestras necesidades y específicamente aplicada a la ingeniería.

La adquisición de conocimientos es catalizada por la necesidad y esta depende del medio y del momento en el que te encuentres. Estas necesidades son cíclicas pero cada ciclo regresa con un histórico aprendido. Así se genera su evolución. La memoria anclada en nuestro cerebro nos da nuevas formas de adquirir sabiduría.

Toda época trae sus necesidades. Así como la fisiología de los animales se adapta a los cambios de la naturaleza, así también, los conceptos, definiciones e interpretaciones que la humanidad ha generado se deben reorientar de acuerdo a los descubrimientos y avances que nuestro progreso ha desarrollado. Los conceptos no pueden limitar el avance implacable de las ciencias y la ingeniería; si nos limitan, tenemos que ampliarlos. Nuestra universidad está como “anestesiada” ante tanta información pues parece que está basada en conceptos que no han evolucionado a la rapidez que avanzan las aplicaciones. El Dr. Molleja insiste en este escrito que nuestra universidad debe reaccionar, responder, adaptarse y prepararse para la avalancha de aplicaciones que ya nos acechan.

Nuestro autor concluye con la necesidad de generar un tipo de investigación y por ende de conocimiento, propia para la ingeniería; una investigación que no solo esté centrada solo en el conocimiento puro de las ciencias naturales sino más bien en la realización de artefactos, sistemas o procedimientos aplicados a la solución de nuestras necesidades materiales y también de las necesidades intelectuales. Sabiendo, por experiencia, que la resolución de una necesidad crea otras. Para tal fin nos presenta incluso una taxonomía para la investigación en ingeniería que la diferencia de la investigación en ciencias naturales. Esto último con la visión de que nuestra universidad genere investigación y post-grado en la facultad de ingeniería.

Dr. Jorge Retamozo

Profesor a dedicación exclusiva de la escuela de Ingeniería de Procesos Industriales.

Universidad Central de Venezuela

EPISTEMOLOGIA DE LA INGENIERIA

INTRODUCCION

El hombre es una criatura muy singular. Ha desarrollado un don que lo hace único entre los animales, por tanto, contrario a ellos, no es una figura en el paisaje, es quien da forma al paisaje. Millones de años de evolución así lo demuestran, la naturaleza no ha dotado al hombre para un ambiente específico, una debilidad es, que cuando viene al mundo, no está en condiciones de sobrevivir inmediatamente como los demás animales, aunque su fortaleza es que se acomoda a todos los ambientes. Su imaginación, su inteligencia, su sutileza emocional y su fuerza, hacen posible para él no aceptar el ambiente, sino modificarlo, y es a través de invenciones, mediante las cuales el hombre, de era en era, ha rehecho su ambiente. Es un tipo diferente de evolución, no biológica, sino cultural.

El desarrollo intelectual del hombre es un proceso, en el que los primeros experimentos de los alquimistas tuvieron un lugar formativo, al igual que el descubrimiento de la molécula de ADN y la teoría de la relatividad de Einstein, y la sofisticada aritmética que los astrónomos Mayas de Centroamérica, inventaron para ellos mismos, independientemente del viejo mundo. El trabajo en piedra de Machu Picchu en los Andes, y la geometría de Alhambra, son construcciones tan fascinantes e importantes para sus pueblos, como la arquitectura del ADN para nosotros.

En cada época hay un momento crucial, una nueva forma de ver y comprobar la consistencia del mundo. Está congelado en las estatuas de la Isla de Pascua, que detuvieron el tiempo. O en los relojes medievales de Europa, que una vez también parecieron decir la última palabra sobre los cielos eternamente. No hay nada en la química moderna más inesperado que las aleaciones que producen elementos con nuevas propiedades. Eso fue descubierto en Sud América cerca del nacimiento de Cristo y mucho antes en Asia.

Dividir y fusionar el átomo, ambos se derivan, conceptualmente, de un descubrimiento hecho en la prehistoria. Que la piedra y toda materia tienen una estructura, que puede dividirse y reunirse en nuevas configuraciones, también el hombre, casi al mismo tiempo, logró inventos biológicos, la agricultura. Domesticar el trigo salvaje, por ejemplo, y

la improbable idea de domar y luego montar el caballo. Estos “ensayos” son un viaje, a través de la historia intelectual, una mirada personal a los altos logros alcanzados por el hombre.

Tradicionalmente, (Herder, 1996) el término griego tekhné, se traduce también por el término latino ars (arte). Desde Aristóteles, tanto la técnica como el arte, formaban parte del saber poiético o productivo, por oposición tanto al saber teórico o contemplativo -que no modifica su objeto-, como oposición al saber práctico -que articula las acciones humanas (en la ética y la política)-, con el fin de conseguir la perfección o la felicidad. Con esta reducción de la técnica al ámbito de lo meramente productivo, en el contexto de la escala de valores de la filosofía griega, la técnica quedaba descalificada tanto ética como epistemológicamente.

Etimológicamente, (Herder, 1996) la epistemología significa «estudio del conocimiento», o «estudio de la ciencia», y puede entenderse como la rama de la filosofía que estudia los problemas del conocimiento. Este término, que empieza a generalizarse a finales del s. XIX, sustituyendo al más antiguo de teoría del conocimiento y, luego, al de gnoseología, presenta cierta ambigüedad, por lo que no siempre se usa con idéntico sentido.

Cuando se le atribuye un significado tradicional y clásico, se refiere al estudio crítico de las condiciones de posibilidad del conocimiento en general, ocupándose de responder a preguntas como: ¿Qué podemos conocer?, o ¿cómo sabemos que, lo que creemos acerca del mundo es verdadero? En este caso, su objeto de estudio coincide con el de la teoría del conocimiento. En tanto que es una reflexión filosófica sobre la ciencia, (Moulines, 1988) la epistemología consiste esencialmente en un análisis lógico de las estructuras conceptuales de la ciencia, el cual se ubica, por así decir, en un nivel de segundo orden con respecto a la reflexión científica misma. Los conceptos de la epistemología son conceptos y sus teorías son teorías de teorías.

El objeto de estudio de la epistemología no son entidades acotadas espacio-temporalmente, como lo son los objetos de estudio de las ciencias mismas, sino entidades intelectuales abstractas de las que disponen los científicos para sus investigaciones. Y estudia esas entidades conceptuales en sus aspectos más autónomos, es decir, menos dependientes de las idiosincrasias personales, sociales, históricas de sus usuarios. En este sentido, la epistemología se distingue netamente de la psicología, la sociología y la historiografía de la ciencia, las cuales analizan los conceptos y las teorías de la ciencia, precisamente en su

dependencia de factores psicosociales (personalidades, instituciones, grupos sociales, formas políticas, económicas, religiosas, etc.).

No hay incompatibilidad entre ambas formas de estudio de la ciencia, ni hay por qué tratar de eliminar la una en favor de la otra. Pero para nuestro caso, no solo incluimos el conocimiento científico, sino también el conocimiento tecnológico, a partir de la «filosofía de la tecnología».

TÉCNICA gen. (Editorial Herder S.A, 1996)

En general, el término se aplicaba a todo aquello que seguía una serie de reglas o de procedimientos para conseguir algún fin determinado. Así, podría hablarse de una *techné* de la navegación, o de una *techné* de gobierno. En este sentido aún se emplea, a veces, el término «arte» (arte de navegar, arte de gobernar), que se ha incorporado en la palabra «artesano».

Habitualmente la noción de técnica se asocia a la de producción de lo artificial, ya que Aristóteles había distinguido las cosas naturales (*taphyseionta*) de las cosas artificiales (*tatechnéonta*), de forma que, según él, las segundas son aquellas que están mediatizadas por la actividad humana que altera las potencialidades naturales. Así, un árbol puede, potencialmente, engendrar otros árboles, pero una mesa fabricada con la madera de aquél árbol no posee la potencia para dar lugar a otras mesas. De esta manera, la intervención de la técnica modifica la naturaleza alterándola profundamente. Para el mismo Aristóteles la *tekhné* es superior a la mera experiencia, y se parece a la *episteme*, ya que implica el conocimiento de principios pero, a diferencia de ésta, su fin no es la contemplación desinteresada.

De ahí deriva, quizás, un gran malentendido, que vicia buena parte de las reflexiones realizadas sobre la técnica, a saber: la idea de que es necesario (o posible) separar la esfera de las actividades específicamente humanas y morales, que poseen un fin en sí mismas, de la esfera de los instrumentos y las técnicas, desprovistas de finalidad propia. Pero tal separación es falaz, ya que la actividad humana en su conjunto no puede desgajarse de los medios y las técnicas, y la técnica misma forma parte de la cultura, entendida como forma de apropiación de la naturaleza.

Por ello, en la actualidad, el término técnica ya no se refiere solamente a lo que es un medio, y su significado es ya bien distinto del que tenía en la antigüedad o en la Edad Media, de manera que la pregunta misma « ¿qué es la técnica?» es propiamente una pregunta filosófica (Mitcham, 1985), que ha engendrado la filosofía de la tecnología.

Puede, pues, decirse que lo que tradicionalmente ha caracterizado la noción de técnica ha sido, por una parte, su aspecto productivo (de lo artificial) y, por otra, su carácter interesado, orientado hacia un fin práctico. Si nos atenemos a los tipos de técnicas, podemos considerarlas, primero, desde el punto de vista de su vinculación con la teoría.

Así, hay técnicas basadas en saberes no codificados, que se transmiten por mera imitación (técnica de siembra o de recolección sin una base teórica, sino meramente empírica); técnicas que se sustentan en conocimientos bien codificados, que describen detalladamente los procedimientos a seguir y que están sometidas a un control de eficacia o de rendimiento (determinadas técnicas artesanales, como las técnicas pictóricas renacentistas, por ejemplo); técnicas que se derivan del conocimiento científico y cuyo desarrollo está directamente vinculado a la estructura económica y productiva de la sociedad. Según su finalidad y su racionalidad, podríamos clasificarlas en: técnicas racionales y técnicas mágico-religiosas. De hecho, es mejor considerar las llamadas técnicas mágico-religiosas (rogativas para conseguir lluvia, por ejemplo) como ritos, no como técnicas.

Las técnicas racionales pueden ser: cognoscitivas, artísticas, de comportamiento (técnicas publicitarias, o educativas, por ejemplo), o técnicas mediadoras entre el hombre y la naturaleza. Este último sentido es el más usado, y se vincula a la noción de máquina o instrumento. Lewis Mumford, no obstante, ha señalado que, desde la revolución neolítica (caracterizada por un gran despliegue de la técnica) hasta nuestros días, la técnica fundamental, matriz de todas las otras, ha sido la técnica político-burocrática (a la que determinados desarrollos actuales de la cibernética y las computadoras no son ajenos), que ha permitido el desarrollo de los grandes imperios (desde los neolíticos, hasta los coloniales o postcoloniales, pasando por el imperio romano).

La técnica del mundo antiguo y medieval estaba directamente ligada a las necesidades del culto, o puesta totalmente al servicio del Estado, y carecía del apoyo de la ciencia, concebida todavía como una actividad teórico-contemplativa desinteresada. A partir del Renacimiento, la aparición de las ciencias naturales exactas (especialmente de la física

matemática) produjo una fusión de la ciencia y la técnica en la dirección de un dominio técnico de la existencia. En esta fusión no es posible ya pensar en una técnica, entendida como meramente subsidiaria de la ciencia, ya que ésta no sería posible sin aquella. Sin el péndulo, el reloj, el telescopio o el microscopio, por ejemplo, no se hubiera podido desarrollar la ciencia moderna.

Por otra parte, la técnica misma produce fenómenos nuevos que la ciencia quiere desentrañar: la termodinámica, por ejemplo, nace después de la máquina de vapor. A su vez, la técnica, en el sentido moderno, que se desarrolla a partir del programa entrevisto por F. Bacon de dominar la naturaleza, se asocia a las estructuras sociales y a las relaciones de producción, de forma que, además de permitir el dominio de la naturaleza, permiten también el dominio de unos hombres sobre otros. Por ello no es de extrañar que muchos de los avances técnicos fundamentales, desde el desarrollo de las catapultas, hasta los misiles, se hayan efectuado a raíz de necesidades militares. En este sentido es preciso notar que la misma técnica nunca es plenamente neutral, política y socialmente, sino que, como señalaba Marx, en la medida en que surge en el seno de unas determinadas relaciones de producción, está al servicio de una determinada estructura social.

Por otra parte, cada época en la que se han producido notables avances técnicos ha sido acompañada por una cierta mitificación y unos ciertos temores. El miedo a que el hombre sea dominado por la técnica ha estado presente a partir del mismo momento en que se ha producido una importante presencia de la técnica en la sociedad. Así, las reacciones contra el maquinismo, por ejemplo, son expresión de este temor. Pero es el uso social de la técnica, más que la técnica misma, lo que en realidad se cuestiona. Esta reacción contra la técnica ha revestido las más diversas formas. Pero, desde la inicial condena eclesiástica contra la primera máquina moderna -el reloj mecánico-, que usurpaba a Dios el control del tiempo, hasta las apocalípticas invectivas de Spengler, contra la técnica que mata el alma humana y es señal de decadencia espiritual, pasando por las destrucciones de máquinas por parte de los obreros en el siglo XIX, lo que está verdaderamente en juego es el control social de la técnica.

FILOSOFÍA DE LA TÉCNICA gen. (Editorial Herder S.A, 1996)

La reflexión filosófica acerca de la técnica no ha sido tradicionalmente muy abundante. Es cierto que, desde la Grecia antigua hasta la actualidad, la filosofía -e incluso

ciertos mitos pre filosóficos (como el de Prometeo)- han tratado la cuestión de la técnica, pero casi siempre de un modo marginal. Una visión en cierto modo altiva de la filosofía respecto a la técnica -considerada como actividad menor- ha propiciado tal marginación. Así se comprende que el término «filosofía de la técnica» sea bastante reciente: aparece por primera vez en la obra de Ernst Kapp (Filosofía de la técnica, 1877), aparición que ha de interpretarse como paralela al proceso, por el que la técnica ocupa un destacado lugar en la sociedad contemporánea.

Como resumen del recorrido filosófico acerca de la técnica, puede seguirse el esquema de Carl Mitcham, el cual distingue tres etapas: 1) el escepticismo antiguo; 2) el optimismo del Renacimiento y la Ilustración; 3) la ambigüedad o desasosiego románticos.

La actitud escéptica antigua, se apoya en la repetida opinión filosófica que distingue entre un conocimiento verdadero (episteme) y un saber empírico (techne). La preeminencia de la actividad contemplativa (theoria) frente a las ocupaciones técnicas es otro modo de subrayar esa distancia insalvable entre la técnica y la filosofía. Junto a esa valoración de principio, la actitud antigua muestra además su desconfianza hacia los poderes técnicos, al entender que representan una extralimitación de la condición natural. Así, la técnica sería una expresión de la desconfianza hacia la naturaleza; sería la búsqueda de la satisfacción de necesidades vanas que envilecen al ser humano y lo apartan de lo trascendente; o alimentarían una seducción por objetos de entidad degradada (el objeto técnico, o sea el artefacto, se considera de menor entidad que el objeto natural).

Tal actitud se prolonga en la Edad Media con la consideración, de raíz cristiana, acerca de la vanidad del conocimiento técnico y del poder terrenal frente al objetivo verdadero de la salvación. En general, pues, el escepticismo antiguo y pre moderno, desprecia el valor del saber y la actividad técnica. Esa actitud alimenta, por otra parte, al llamado mito teoricista, mito según el cual, se valora la superioridad de la teoría y se interpreta la génesis de las ciencias y de las técnicas, siempre como derivadas de un saber teórico previo, sin valorar el sustrato empírico. Ejemplos de ese desprecio son incluso las actitudes mantenidas por algunos personajes con la doble condición de científicos y técnicos: Arquímedes (s.III a.C.), pero también más recientemente el físico H.A. Lorentz (1853-1928), se negaron a dejar constancia escrita de sus trabajos técnicos (el primero como hábil constructor de toda clase de

artefactos mecánicos, el segundo como director de los trabajos en diques y esclusas en Holanda).

El Renacimiento y la Ilustración ven la aparición de la actitud optimista hacia la técnica. Ese optimismo está formulado, muy nítidamente, por Francis Bacon (1561-1626). El espíritu baconiano preside la moderna atención a la técnica, y antecede desde el punto de vista de las ideas, lo que se cumplirá, desde el punto de vista de los hechos, con la Revolución industrial. La exaltación de la vida activa frente a la contemplativa, de la praxis frente a la teoría, conducen a esa reivindicación de la técnica.

En último término, se trata de promover la idea del hombre, como amo de la naturaleza -incluso como creador junto a Dios-, y para ese destino, el dominio técnico es necesario. Sirve a esa nueva actitud una visión basada en un pragmatismo epistemológico, en la primacía de los métodos inductivos, en una concepción que subraya igual entidad ontológica para los objetos naturales y para los objetos técnicos. Es más: la naturaleza es reconducida al modelo técnico; de este modo la máquina se convierte en la gran metáfora, que preside la concepción de la propia naturaleza. La sustitución de la idea del homo sapiens por la del homo faber, sería una indicación paralela a la de esta transformación centrada en la primacía de la máquina, hasta el punto que, el propio hombre será concebido como máquina (así en la obra de La Mettrie, *El hombre máquina*, 1748).

El hombre está llamado, pues, a promover los conocimientos y las aplicaciones técnicas. El optimismo ilustrado entiende que, en esa actividad, se cumple el designio humano, y la Revolución industrial será su consecuencia. Se invierte así la percepción respecto a la inferioridad de la técnica. Esta nueva sensibilidad es muy visible en la Enciclopedia de d'Alembert y sus colegas: baste recordar su título completo, *Diccionario razonado de las ciencias, de las artes y oficios*.

A la victoria efectiva de la ciencia y de la técnica, gracias a la Revolución Industrial, le sucede la crítica romántica. La reacción romántica se subleva contra el reduccionismo mecanicista, enfatizando una concepción de tipo orgánico; y ataca el primado de la racionalidad, apelando a los valores de la imaginación y el sentimiento. Por otra parte, los efectos de la Revolución industrial ya se dejan sentir en forma de miseria social. De ahí, el desasosiego representado por la reacción romántica: lo que el optimismo ilustrado había ignorado, es decir los temas de los límites de la técnica y de sus efectos perversos, sale a la

luz. Como ejemplo de esta percepción problemática de las extralimitaciones del poder humano gracias a la técnica, puede citarse una famosa obra de Mary Shelley (Frankenstein o el moderno Prometeo, 1818).

Sin embargo, la crítica romántica es ambigua. Ya Rousseau (en su Discurso sobre los efectos morales de las artes y las ciencias, 1750) criticaba la concepción de los enciclopedistas, pero a la vez alababa los conceptos de Bacon. Y es que el romanticismo, es una crítica del optimismo técnico, es una reacción contra la ciencia y la técnica modernas, pero sus ideales (la autorrealización humana, la fusión orgánica con la naturaleza, la concepción del hombre como creador) pertenecen a la misma matriz que alumbró la moderna técnica y su valoración positiva.

Contemporáneamente, estas tres actitudes (escepticismo antiguo, optimismo ilustrado, desasosiego romántico) todavía son perceptibles. Pero además de estas influencias, ha de reseñarse el nacimiento y desarrollo de una específica filosofía de la técnica, o de un específico discurso filosófico acerca de la técnica. Esa filosofía de la técnica incluye la mencionada obra fundacional de Kapp (1877) y otras similares posteriores, que conformarían una de las dos tradiciones de la actual filosofía de la técnica, la llamada corriente ingenieril. Ésta consiste en un análisis más bien internalista de las condiciones, factores, métodos y finalidades del desarrollo tecnológico. Su intención es claramente laudatoria y optimista. La segunda tradición es básicamente crítica o externalista. En esa corriente crítica ha de citarse a Ortega y Gasset (Meditación de la técnica, 1939) y a Heidegger (La pregunta por la técnica, 1954), cuyas contribuciones se orientan a esclarecer el fundamento último del designio técnico.

Ortega y Gasset abordó el problema de la técnica desde una perspectiva antropológica, señalando que, gracias a la relación que se establece entre el hombre y la técnica, se puede descubrir la verdadera y auténtica constitución del ser humano, ya que la vida del hombre, a diferencia de los otros animales, no coincide con sus meras necesidades orgánicas. La técnica no es una mera prolongación del organismo humano, lo que presupone una concepción de la técnica como adaptación del hombre a la naturaleza, sino que, más bien al contrario, la técnica muestra la capacidad humana de adaptar la naturaleza a las necesidades del hombre. Por ello, la acción técnica, solamente es posible cuando ya se han satisfecho las necesidades

biológicas básicas. Entonces, la actividad humana puede desarrollarse para superar el mero «estar» y conseguir el «bienestar».

Heidegger ha elaborado una filosofía de la técnica desde la perspectiva peculiar de su epistemología, partiendo de su concepción de la verdad (alétheia) como des ocultamiento. Desde este enfoque, Heidegger destaca la prioridad ontológica de la técnica sobre la ciencia, ya que el desarrollo de ésta, especialmente de la compleja ciencia contemporánea, solamente es posible a partir de los desarrollos técnicos. Pero tanto la ciencia como la técnica, propias del mundo occidental, son el fruto del olvido del ser, y arrancan del giro que Platón instauró en su concepción de la verdad. Desde entonces el hombre occidental ha dejado de escuchar al ser (con la excepción de Hölderlin) para dedicarse a adueñarse del ente. La técnica es el resultado de este olvido del ser, que ha conducido al hombre a dejarse atrapar por las cosas, lo que ha provocado una concepción del mundo, como un objeto que debe ser explotado y dominado. En este sentido, dice Heidegger, la técnica es la plena culminación de la metafísica basada en el mencionado olvido del ser.

Finalmente cabe citar la crítica desarrollada por otros autores, basada en una revisión social e histórica del desarrollo tecnológico. Así, L. Mumford destaca la inexistente pretendida neutralidad de la técnica y de la ciencia, y señala las conexiones entre ésta, el poder, los intereses de las clases dominantes y la ideología. Jacques Ellul centra su investigación en los cambios introducidos por la técnica en otros ámbitos, como son la producción de nuevas condiciones psicológicas y políticas, lo que sugiere que la acción técnica, en la medida en que se basa en determinados valores posibles, conduce a distintas formas de ser en el mundo, razón por la cual, como decía Mumford, no es neutral en sí misma. En una dirección parecida se mueven las investigaciones de L. Wiener, que insiste en las relaciones entre técnica y política y de J. Habermas.

Es por eso que la ingeniería ha evolucionado de tal manera, y el volumen de conocimiento tecnológico es tal, que es adecuado que tienda a una emancipación epistémica. Pero no con la intención de separarla de las ciencias naturales, sino como ciencia misma, que toma los aspectos epistemológicos de la ciencia e incorpora aspectos de la técnica, que son más que una habilidad manual que se adquiere sin intelecto y son mas llevados al arte, el cual necesita sensibilidad y conciencia, dado que el artefacto resultante tiene una función que brinda comodidad, confort y otros aspectos asociados. La manera de evidenciar esta

emancipación sería a través de una serie de estrategias, como son la contrastación del conocimiento científico y el conocimiento tecnológico, la construcción de una taxonomía del conocimiento tecnológico, apelar a la naturaleza tácita y prescriptiva del conocimiento tecnológico.

Es conveniente que, debido a los cambios significativos que han ocurrido en la evolución científica y tecnológica del ser humano, categorizar en etapas dichas evoluciones, las cuales se identifican según la profundidad del uso de la reflexión científica y tecnológica.

CAPITULO I

ARTESANIA PRIMITIVA

Las primeras evidencias de inventos del hombre son de hace dos millones de años, hechas por *australopithecus* en África, hallazgos realizados por Richard Leakey, muestran una piedra que fue usada como herramienta, donde un golpe simple ha creado un filo en la piedra, y por el siguiente millón de años, el hombre no cambió este tipo de herramienta. Los ancestros del hombre tenían un pulgar corto, así que solo podían sostener esta herramienta con un agarre fuerte, y usarla para martillar la carne, es la herramienta de un carnívoro.

Hace dos millones de años no podemos hablar de la presencia de seres humanos, pero hace un millón de años si, con la aparición del homo Erectus. El hombre de Pekín, 400.000 años atrás, fue la primera criatura en usar el fuego. Los cambios en el homo erectus por más de un millón de años son sustanciales pero parecen haber sido graduales. El hombre de Neanderthal ya poseía un cerebro de 1.500 gramos, tan grande como el hombre moderno. Probablemente algunas líneas del hombre de Neanderthal se extinguieron, pero parece verosímil que, una línea del Oriente Medio llegó directamente hasta Europa evolucionada como Homo Sapiens.

En algún momento del último millón de años, más o menos, el hombre realizó un cambio en la calidad de sus herramientas que, presumiblemente, indican algún refinamiento biológico en la mano, y especialmente en la parte del cerebro que controla la mano. Hizo herramientas que requerían un grado mayor de manipulación en la confección y, por supuesto, en su uso. La evolución del cerebro, de la mano, de los ojos, del pie, de todo el cuerpo humano, conforma un mosaico de habilidades especiales. Cada animal deja rastros de lo que era, solo el hombre deja rastros de lo que ha creado. Es el resultado de una evolución de más de 3000 millones de años. El hombre sobrevivió la dura prueba de las edades de hielo, porque tuvo la flexibilidad mental para reconocer invenciones y convertirlas en propiedad comunitaria.

Antes de dar esos pasos y que pueda ser fundado sistemáticamente (E. Cassirer, 1968), la filosofía y la ciencia han tenido que recorrer un largo camino y pasar a través de varias etapas intermedias. No se ha escrito aún la historia de este problema, aunque sería una tarea verdaderamente atrayente la de trazar las diversas etapas que han llevado a este desenvolvimiento, lo que nos proporcionaría una visión del verdadero carácter y de la

tendencia general de la vida cultural humana. En la vida primitiva y bajo las condiciones de la sociedad primitiva, apenas encontramos huellas de la idea de un espacio abstracto. El espacio primitivo es un espacio de acción; y la acción se halla centrada en torno a intereses y necesidades prácticas inmediatas. En la medida en que podemos hablar de una concepción primitiva del espacio, no posee un carácter puramente teórico, se halla mezclada con sentimientos personales o sociales concretos, con elementos emotivos. La abstracción se refiere a la matematización del espacio, ponerlo en un contexto de la geometría analítica.

En la medida en que el hombre primitivo ejecuta actividades técnicas en el espacio —escribe Heinz Werner—, en que mide distancias, dirige su canoa, lanza su flecha a un blanco determinado, y así sucesivamente, su espacio, en calidad de campo de acción, de espacio pragmático, no debe diferir en su estructura del nuestro. Pero cuando el hombre primitivo convierte este espacio en materia de representación y de pensamiento reflexivo, surge una idea específicamente primordial, que difiere radicalmente de cualquier versión intelectualizada. La idea del espacio del hombre primitivo, aun cuando esté sistematizada, se halla vinculada sincréticamente con el sujeto. Es una noción mucho más efectiva y concreta que el espacio abstracto del hombre de cultura avanzada... No es tan objetivo, mensurable y de carácter abstracto. Ofrece características egocéntricas o antropomórficas, y es dinámico - fisiognómico, arraigado en lo concreto y sustancial. Tal vez lo sea por no requerirse en el quehacer diario, ya que su uso es de habilidad y destreza para la caza, la recolección o la lucha, comparado con la habilidad deportiva, que con entrenamiento diario se adquieren los reflejos musculares requeridos (*Comparative Psychology of Mental Development*, Nueva York, Harper & Bros., 1940, p. 167. En español, *Psicología evolutiva*.)

Más bien que investigar el origen y el desarrollo del espacio perceptivo, tenemos que analizar el espacio simbólico. Al abordar este tema nos encontramos en la frontera entre el mundo humano y el animal. Por lo que respecta al espacio orgánico, el espacio de la acción, el hombre parece en muchos aspectos muy inferior a los animales. Un niño tiene que aprender muchas habilidades que el animal trae consigo, pero el hombre se halla compensado de esta deficiencia por otro don que sólo él desarrolla y que no guarda analogía alguna con nada de la naturaleza orgánica. No de una manera inmediata sino mediante un proceso mental verdaderamente complejo y difícil, llega a la idea del espacio abstracto, y esta idea es la que le abre paso no sólo para un nuevo campo del conocimiento sino para una dirección enteramente nueva de su vida cultural.

Para el punto de vista de la mentalidad y de la cultura primitivas se ofrece, como una tarea casi imposible, la de dar ese paso decisivo, único que nos puede conducir del "espacio de la acción" a un concepto teórico o científico del espacio, el espacio de la geometría, en el cual han sido suprimidas todas las diferencias concretas de nuestra experiencia sensible inmediata. Ya no poseemos un espacio visual, táctil, acústico u olfativo. El espacio geométrico hace abstracción de toda la variedad y heterogeneidad que nos es impuesta por la naturaleza dispareja de nuestros sentidos; nos encontramos con un espacio homogéneo, universal, y sólo por medio de esta nueva forma característica del espacio, pudo llegar el hombre al concepto de un orden *cósmico* único, sistemático. Una idea semejante, de la unidad y legalidad del universo, nunca pudo haber sido alcanzada sin la de un espacio uniforme (Noción de conjunto). Pero transcurrió mucho tiempo antes de que se pudiera dar este paso.

El pensamiento primitivo no sólo es incapaz de pensar en un sistema espacial sino que ni siquiera puede concebir un *esquema* del espacio; su espacio concreto no puede ser moldeado en una forma esquemática. La etnología nos muestra que las tribus primitivas se hallan dotadas, por lo general, de una percepción extraordinariamente aguda del espacio. Un indígena de estas tribus capta los más nimios detalles de su contorno, es extremadamente sensible a cualquier cambio de la posición de los objetos comunes en torno suyo, será capaz de salir adelante en circunstancias verdaderamente difíciles. Cuando navega por el río, sigue con la mayor exactitud todos los giros de la corriente por la que él sube y baja, pero examinada la cosa más de cerca, descubrimos con sorpresa que, a pesar de esta facilidad, se acusa una extraña laguna en su aprehensión del espacio. Si se le pide que realice una descripción general, una delineación del curso del río, no será capaz de hacerlo; si se le pide que trace un mapa del río y de sus diversos meandros, no parece entender la solicitud.

Captamos en esto, de manera bien clara, la diferencia que existe entre la aprehensión concreta y la abstracta del espacio y de las relaciones espaciales. El indígena se halla perfectamente familiarizado con el curso del río, pero esta familiaridad está muy lejos de ser lo que pudiéramos llamar conocimiento en un sentido abstracto, teórico; no significa más que presentación, mientras que el conocimiento incluye y presupone la representación. La representación de un objeto es un acto muy diferente de la manipulación del mismo. Esta última no exige más que una serie definida de acciones, de movimientos corporales coordinados entre sí o que se siguen unos a otros. Es una cuestión de hábito, adquirido

mediante la ejecución invariablemente repetida de ciertos actos, pero la representación del espacio y de las relaciones espaciales significa mucho más. Para representar una cosa no basta ser capaz de manejarla de la manera adecuada y para usos prácticos. Debemos poseer una concepción general del objeto y mirarlo desde ángulos diferentes a los fines de encontrar sus relaciones con otros objetos y localizarlo y determinar su posición en un sistema general.

En el pensamiento primitivo resulta muy difícil distinguir entre las dos esferas del ser y del sentido, se hallan constantemente confundidas: un símbolo es considerado como si estuviera dotado de poderes mágicos o físicos, pero en el progreso ulterior de la cultura, se siente claramente la diferencia entre cosas y símbolos, lo cual quiere decir que la distinción entre realidad y posibilidad se hace cada vez más pronunciada. Lo que caracteriza a la mentalidad primitiva no es su lógica sino su sentimiento general de la vida.

El hombre primitivo no mira a la naturaleza con los ojos de un naturalista, que desea clasificar las cosas para satisfacer una curiosidad intelectual, ni se acerca a ella con intereses meramente pragmáticos o técnicos. No es para él ni un mero objeto de conocimiento ni el campo de sus necesidades prácticas inmediatas. Estamos acostumbrados a dividir nuestra vida en las dos esferas de la actividad práctica y la teórica y al hacer esta división fácilmente olvidamos que existe, junto a las dos, otra capa más baja.

El hombre primitivo no es víctima de tal olvido; sus pensamientos y sus sentimientos continúan encauzados en este estrato original. Su visión de la naturaleza no es puramente teórica ni meramente práctica; *es simpatética o más bien empática, el identificarse con la naturaleza*; si descuidamos este punto no podremos abordar el mundo mítico.

El rasgo fundamental del mito no es una dirección especial del pensamiento o una dirección especial de la imaginación humana; brota de la emoción y su trasfondo emotivo, tiñe sus producciones de su propio color específico. En modo alguno, le falta al hombre primitivo capacidad para captar las diferencias empíricas de las cosas, pero en su concepción de la naturaleza y de la vida, todas estas diferencias se hallan superadas por un sentimiento más fuerte: la convicción profunda de una *solidaridad* fundamental e indeleble *de la vida*, que salta por sobre la multiplicidad de sus formas singulares.

El mayor logro del hombre de hace 10.000 años atrás, fue el cambio de nómada a la agricultura aldeana ¿qué lo hizo posible? Un acto de voluntad del hombre, seguramente, pero junto a eso, un extraño y secreto acto de la naturaleza. Al final de la edad de hielo, apareció

en Oriente Medio un híbrido del trigo, sucedió en varios lugares.

Uno típico fue el antiguo oasis de Jericó. Jericó es más viejo que la agricultura. Las primeras personas que llegaron y se establecieron cerca del manantial, eran personas que cosechaban el trigo silvestre pero que aun no sabían cómo plantarlo. Esa fue una extraordinaria pieza de anticipación, Hicieron hoces de pedernal, que han sobrevivido. Las agarraderas en que se empotraban han sido encontradas, con una longitud aproximada de 20 cm, de manera que se pueden reconstruir el tipo de hoz con la que salían a encontrar el trigo silvestre, el filo de la hoz está hecho de una parte de cuerno de gacela o huesos que conforman unos dientes como de sierra, con una longitud angular de 20 o 30 grados, no hay muestras sobrevivientes del tipo de trigo silvestre que cosechaban, pero los pastos que todavía están en esos parajes, deben ser muy parecidos al trigo que ellos encontraron.

El proceso de corte se hacía agachándose, tomar la planta a nivel del piso y darle, con un movimiento de sierra, un corte al puñado de plantas tomadas con la mano. Esa era la manera que los cosechadores usaron desde entonces por los pasados 10.000 años. Esto fue llamado actividad pre agrícola. El punto de inflexión en la propagación de la agricultura en el antiguo mundo fue casi seguramente la aparición de dos formas de trigo con una cabeza grande, llena de semillas. Antes del 8.000 antes de Cristo, el trigo no era la exuberante planta que es hoy. Era simplemente uno de los muchos pastos silvestres que crecen en el Medio Oriente.

Por algún accidente biológico, el trigo silvestre se cruzó con el trigo montesino y formó un híbrido fértil. Este accidente debió suceder muchas veces en la exuberante vegetación que surgió después de la última edad de hielo. En términos de la maquinaria genética que dirige el crecimiento, se combinaron los 14 cromosomas del trigo silvestre con los 14 cromosomas del trigo montesino y produjeron “farro” (emmer) con 28 cromosomas. Eso es lo que hace al farro mucho más pesado.

El híbrido fue capaz de esparcirse en forma natural, porque sus semillas están asidas a la vaina en tal forma que son dispersadas por el viento. Que tal híbrido sea fértil es raro, pero no es único entre las plantas. Pero ahora, la rica historia de las plantas que siguieron a la edad de hielo se torna más sorprendente. Hubo un segundo accidente genético, que pudo suceder porque el farro ya se cultivaba. El farro se cruzó con otra variedad del trigo montesino y produjeron un híbrido aun mayor con 42 cromosomas, el cual es el trigo para

pan. Esto es improbable en sí mismo.

Ahora sabemos que el trigo para pan, no debió ser fértil excepto por una específica mutación genética en un cromosoma. Y aun hay algo más extraño, el trigo perdió la habilidad de esparcirse con el viento, como una especie de adaptación a la presencia del hombre agricultor, que es capaz de garantizar su propagación, como el caso de los perros domesticados y los rebaños de cabras y ovejas, que perdieron su facultad de migrar en la búsqueda de pastos, según la estación y se hicieron dependientes del hombre.

Luego de consolidarse esta situación, la ciudad de Jericó se convirtió en la cuna de la civilización, con abundancia de alimentos y produciendo la envidia de los vecinos, obligando a fortificar la ciudad y construir una estupenda torre hace 9.000 años. La torre tiene 30 pies a través de la base, y por supuesto, mucho más de 30 pies de profundidad, y subiendo a su lado, pueden contemplarse, estrato sobre estrato de pasadas civilizaciones, parecido a los estratos del Gran Cañón del Colorado. Los primeros alfareros, los siguientes alfareros. El arribo de la alfarería hace unos 7.000 años. Temprano cobre, temprano bronce, medio bronce. Cada una de estas civilizaciones, llegaron y conquistaron Jericó, la enterraron y construyeron encima. Así que ahora estamos sobre 45 pies de pasadas civilizaciones.

Cuando Kathleen Kenyon (1.958) redescubrió esta antigua torre en los años 50, descubrió que era hueca. Para el 6.000 AC, Jericó era un gran asentamiento agrícola. K., Kenyon estimó que en la ciudad vivían unas 3.000 personas y cubría ocho o diez acres dentro de las murallas. Las mujeres molían el trigo con unos pesados instrumentos de piedra que caracterizan una comunidad sedentaria. Los hombres daban forma, palmeaban y moldeaban la arcilla para fabricar ladrillos, algunos de los más antiguos. La marca de los pulgares de los que los hicieron aun está ahí. El hombre, como el trigo de pan, está ahora clavado a un lugar.

La agricultura genera tecnología, a partir de la que se inicia toda la física, toda la ciencia. Las hoces para el cultivo del trigo se hicieron dentadas para serruchar la planta y evitar que los granos se cayeran con los golpes. La más poderosa invención en toda la agricultura, por supuesto, es el arado. Pensamos en el arado como una cuña que divide la tierra y la cuña es una importante temprana invención mecánica.



Figura 1: Hoz usada en Jericó 7000 A.C
Fuente: J. Bronowsky, 1966



Figura 2: Hoz usada en Jericó 6000 A.C
Fuente: J. Bronowsky, 1966

Pero el arado es algo mucho más fundamental, es una palanca que eleva la tierra y es la primera aplicación del principio de la palanca. Cuando, mucho más tarde, Arquímedes explicó la teoría de la palanca a los griegos, dijo que con una palanca podría mover el planeta, pero miles de años antes que él, los labradores de Oriente Medio han venido diciendo: “Dadme un arado y alimentaré la Tierra”.

La agricultura fue inventada de nuevo, al menos otra vez, mucho más tarde en América. Pero el arado y la rueda no existieron porque dependían de los animales de tiro. El paso más allá de la simple agricultura en Oriente Medio fue la domesticación de los animales de tiro. La rueda se encontró por primera vez antes de 3.000 AC y desde entonces, el eje y la rueda fueron la base desde donde crecieron las invenciones. Por ejemplo, se convirtió en un instrumento para moler el trigo y usando la fuerza de la naturaleza para hacer eso, la fuerza de los animales primero y luego la fuerza del viento y el agua.

La rueda se convirtió en modelo para todas las formas de rotación. Por el tiempo en que Josué atacó Jericó, los “ingenieros mecánicos” de Sumeria y Asiria convirtieron la rueda en una polea para extraer agua (torno). Al mismo tiempo, diseñaron sistemas de irrigación a gran escala. El eje vertical de mantenimiento aun sobrevive. Bajan 300 pies hasta los “kanats” o canales subterráneos que alimentan el sistema. 3.000 años después de que fueran contruidos, las mujeres de la villa de Khuzistan, aun extraen su ración de agua de los kanats y llevan a cabo las tareas diarias de las antiguas comunidades.

Son una construcción tardía de una civilización urbana e implican que, para entonces, ya existían leyes para manejar los derechos de agua, la tenencia de la tierra y otras relaciones sociales. En una comunidad agrícola, el alcance de la ley tiene un carácter diferente con las leyes nómadas que regían el robo de una cabra o una oveja. Ahora la estructura social está atada con la regulación de asuntos que afectan a la comunidad en su

conjunto, el acceso a la tierra, el mantenimiento y control de los canales.

El derecho de uso, sobre los turnos de servicio, las inestimables construcciones, sobre la que dependen las temporadas de cosechas. Para este momento, el artesano de la villa se ha convertido en inventor por derecho propio. Combina los principios mecánicos básicos en sofisticadas herramientas que son, de hecho, máquinas precursoras. Un ejemplo es el torno usado por ellos, el cual era un eje que contenía la pieza a trabajar y se le hacía rotar con un arco, las cuchillas eran manipuladas con los pies. Una máquina es un dispositivo para conectarse con el poder de la naturaleza.

La evolución, o como diría Bronowsky, el ascenso del hombre, no viene manifestado por cambios genéticos, como ocurre con los animales, sino por cambios culturales. Cada cultura viene “ascendiendo” lenta o rápidamente, dependiendo de los aspectos míticos, que pasan a ser religiosos y que producen necesidades sociales, que produzcan cambios en sus mitos y en su religión, que por ende producen cambios sociales. Ese crecimiento puede interpretarse como una espiral cultural. También se puede detectar que, aquellas culturas que no son capaces de adaptarse a sus propios cambios se convierten en fósiles culturales, y en la Tierra se pueden conseguir una variedad de esos fósiles. ¿Qué causaron esos estancamientos? Eso es tema de estudio de la Filosofía Antropológica.

Para nuestro tema de interés, que es la Ingeniería, en este periodo de la humanidad no aparecía esta actividad como tal. Los artesanos realizaban sus artefactos sin método ni evaluaciones. Solo trabajo artesanal y empírico, como si fuera una actividad artística pero con otras funciones, además de la decorativa, como extensiones de la mano, brazo, utensilios para comer o herramientas que faciliten las labores cotidianas y religiosas. No existe evidencia de escuelas o sitios de instrucción para estas actividades, pero si hay relatos de familias que se especializaban en la elaboración de alguna herramienta específica, y tal vez, ese conocimiento se pasaba de padre a hijo, con aspectos técnicos que permanecían en el seno familiar, como forma de conservar su status, ya que, a veces, esta actividad daba prestigio al que la realizaba. En algunos grupos sociales, la manera de pasar el conocimiento era a través de un rito. Este ritual suplía el análisis y teorización del fenómeno, para convertirlo en una especie de doctrina, con palabras específicas y descripción del proceso, según eventos que acontecen, como el color, olor, sensación de calor o frio, que indican a la persona que lleva a cabo la actividad, que todo está realizándose satisfactoriamente.

CAPITULO II

ARTESANIA AVANZADA

En Paestum, en el sur de Italia, una colonia griega cuyos templos son más antiguos que el Partenón, marcado cerca del 500 AC, es contemporánea con el inicio de las matemáticas griegas (J. Bronowsky, 1.966). Pitágoras enseñó en el exilio, en otra colonia griega no lejos de allí, llamada Crotona. Como las matemáticas del Perú 2.000 años más tarde, los templos griegos estaban definidos por la línea recta y por la escuadra. Los griegos tampoco inventaron el arco y por consiguiente, sus templos son congestionadas avenidas de columnas. Parecen abiertos cuando los contemplamos como ruinas, pero de hecho, son monumentos sin espacios. Eso debido a que su envergadura dependía de vigas individuales y que la envergadura que puede ser sostenida por una viga plana, está limitada por la capacidad de la viga. Mientras más larga la viga, mayor será la compresión que su peso produce en la parte superior y mayor la que produce en la base.

Como la roca no soporta mucha tensión, fallará en la base, a menos que las columnas se coloquen muy cercanas unas a otras. Los griegos fueron muy ingeniosos en lograr estructuras livianas, por ejemplo, usando dos hileras de columnas, pero al final de cuentas, las limitaciones físicas de los materiales no podían ser superadas sin un nuevo invento. Ya que los griegos estaban fascinados con la geometría, es sorprendente que no concibieran la hermosa invención del arco. Pero el hecho es que el arco es una invención de ingeniería. El acueducto de Segovia en España, construido por los romanos por el año 100 DC, la estructura no parece espléndida mas allá de su propósito de acarrear agua, pero es debido a que nosotros obtenemos agua abriendo un grifo y rápidamente olvidamos los problemas universales de una civilización urbana. Toda cultura avanzada que concentra a sus hombres especializados en ciudades, depende de alguna forma de invención y organización que el acueducto de Segovia manifiesta.

Los romanos en principio, no inventaron el arco en piedra. El arco es el triunfo del método intelectual que separa a la naturaleza y reúne las partes en una nueva y más poderosa combinación. Los romanos siempre construyeron los arcos en forma de semicírculo. Tenían una fórmula matemática que trabaja bien y no estaban inclinados a experimentar. Los círculos permanecieron como las bases del arco, también, cuando entraron en producción masiva en los países árabes.

La gran mezquita en Córdoba, España, construida en el 785 DC, después de la

conquista árabe, es una estructura más espaciosa que el templo griego de Paestum y aun así, tiene dificultades similares. Está llena de albañilería de la que no se puede librar sin una nueva invención. Esta invención es una nueva forma de arco, basada, no en el círculo sino en el óvalo. Que no parece un gran cambio pero, su efecto en la articulación de los edificios es espectacular. Por supuesto, el arco puntiagudo es más alto y por consecuencia abre más espacio y luz. Pero, más radicalmente, la resistencia del arte gótico, hace posible sostener el espacio en una forma nueva, como en Reims, Francia. La carga es retirada de los muros, los que, entonces, pueden ser decorados con cristales, y el efecto resultante, es colgar al edificio como una jaula desde el techo arqueado. El interior de la estructura queda abierto debido a que el esqueleto está afuera.

De todos los monumentos al atrevimiento humano, no hay ninguno que iguale las torres de tracería y cristal, que surgieron a la luz en el norte de Europa cerca del año 1.200. Fueron construidas de común acuerdo por los ciudadanos y para ellos, por albañiles corrientes. Casi no comparte ninguna relación con la arquitectura corriente en esa época. Y en ellas, la improvisación deviene en invención a cada momento. Convirtieron el arco romano semicircular en el alto y puntiagudo arco gótico, en forma tal que la tensión corre desde el arco al exterior de la estructura y entonces, en el siglo XII, el cambio repentino y revolucionario de eso al medio arco.

El contrafuerte, la tensión corre por el contrafuerte como corre por un brazo humano y no hay albañilería donde no hay tensión. Ningún principio básico en arquitectura en realidad se añadió a eso hasta la invención del acero y las edificaciones en concreto. Los albañiles llevaban en sus cabezas un conjunto no más que patrón de ideas, que crecían con la experiencia al trabajar de un lugar a otro. También llevaban un juego de herramientas ligeras. Marcaban con compases los óvalos de las puntiagudas bóvedas y los círculos de los rosetones. Definían sus intersecciones con calibradores, para agruparlos y encajarlos en patrones repetitivos. Verticales y horizontales eran relacionados con la regla T, como lo había sido en las matemáticas griegas. Eso es, el vertical era definido con la plomada y la horizontal era definida no con el nivel de burbuja, sino con la plomada unida a un ángulo recto.

Los errantes constructores eran una aristocracia intelectual y se llamaron a si mismo albañiles libres, tan temprano con el siglo XIV. Uno tiene la impresión de que los hombres que concibieron edificaciones estaban intoxicados por haber hallado una nueva forma de dominar las fuerzas en la piedra. ¿De qué otra manera se podría haber propuesto la

construcción de bóvedas de 125 y 150 pies en una época en la que no se podía calcular ninguna de las fuerzas, en donde no existía una teoría de las estructuras mecánicas? Bueno, la bóveda de 150 pies en Beauvais, a menos de 100 millas de Reims, colapsó. Cuando el techo se colapsó en 1.284, algunos años después de su terminación, frenó la aventura gótica de la altura. Ninguna estructura tan elevada como esta fue jamás intentada. Sin embargo, el diseño empírico pudo haber sido adecuado, probablemente el suelo de Beauvais simplemente no era suficientemente sólido y cedió bajo la estructura. Pero la bóveda de 125 pies de Reims se sostuvo. Y desde 1.250 en adelante, Reims se convirtió en un centro para el arte en Europa.

¿Qué tiene que ver con ciencia? Particularmente ¿qué tiene que ver con ciencia en la forma que solíamos entenderla al inicio del siglo, cuando la ciencia era todo número? Los parámetros asociados a una teoría, como el coeficiente de la expansión de esto, la frecuencia de aquello, no era un lenguaje común. El asunto es que nuestra concepción de la ciencia, ahora, hacia el final del siglo XX, ha cambiado radicalmente (J. Bronowsky, 1.966). Vemos a la ciencia como una descripción y explicación de las estructuras subyacentes en la naturaleza. Y palabras como estructura, patrón, plan, disposición, arquitectura, constantemente participan en cualquier descripción que tratamos de hacer. El lenguaje de cada día en la explicación científica son las matemáticas. Hablamos de cómo se unifican los cristales, de cómo están formados los átomos y de sus partes, y sobre todo, hablamos de la forma en que las moléculas vivas están formadas y sus partes. La estructura espiral del ADN se ha convertido en las vívidas fantasías para la ciencia en los últimos años.

Y esa fantasía vive también en las construcciones arquitectónicas, como Reims vive en sus arcos. ¿Qué motivó a las personas que construyeron estos edificios y otros como él? Tomaron un montón de piedras que no es una catedral y las convirtieron en una catedral utilizando la fuerza natural de la gravedad, la forma de colocar las piedras, la brillante invención del contrafuerte, el arco y todo lo demás. Y crearon una estructura obtenida del análisis de la naturaleza y la convirtieron en esta síntesis maravillosa. La clase de hombre que se interesa por la arquitectura de la naturaleza hoy día es el tipo de hombre que construyó esta obra arquitectónica hace casi 800 años. Hay un don sobre todos nosotros que hace al hombre único entre los animales y ese don se muestra en cualquier parte de esos edificios. Su enorme placer en ejercitar y superar sus propias habilidades.

Un popular cliché en filosofía dice que la ciencia es puro análisis o reduccionismo, como hacer pedazos el arcoíris, y que arte es pura síntesis, construir el arcoíris, eso no es así. Toda imaginación se inicia analizando la naturaleza. Michel Ángel dijo esto: “Cuando eso

que es divino en nosotros intenta dar forma a una cara, cerebro y mano, ambos unidos para dar, de un simple modelo débil y ligero, vida a la piedra por la energía libre del arte”.

La obra material corre por la mano y por consiguiente pre elabora la forma del trabajo para el cerebro. El escultor, tanto como el albañil, siente la forma dentro de la naturaleza. “El mejor de los artistas no dudará en mostrar lo que la ruda piedra bajo su superficie oculta. Romper el hechizo del mármol, es todo lo que la mano que sirve al cerebro puede hacer”. Para el tiempo en que Michel Ángel esculpió la cabeza de Bruto, otros hombres excavaban el mármol para él. Pero Michel Ángel había empezado como un excavador de mármol en Carrara y todavía sentía que el martillo en sus manos y en las suyas, buscaban en la piedra una forma que ya estaba ahí.

Los canteros en Carrara trabajan ahora para modernos escultores que vienen como Marino Marini, Lipschitz y Henry Moore. Sus descripciones de su trabajo no son tan poéticas como las de Michel Ángel, pero transmiten el mismo sentimiento. Henry Moore: “Para empezar, como joven escultor, no podía permitirme piedras caras, conseguía mis piedras buscando en el almacén de piedras y encontrando lo que ellos llaman una piedra al azar. Entonces tenía que pensar en la misma forma en que Michel Ángel lo habría hecho. Así que había que esperar que llegara una idea apropiada para la forma de la piedra y eso significaba ver la idea en esa piedra”.

Por supuesto, puede ser literalmente cierto que lo que el escultor imagina y esculpe ya está ahí, escondido en la piedra. Y aun así, la metáfora describe la verdad sobre la relación de descubrimiento que existe entre el hombre y la naturaleza. En un sentido, todo lo que hemos descubierto, ya estaba ahí. Una figura esculpida y las leyes de la naturaleza estaban ambos ocultos en el material bruto. Y en otro sentido, lo que un hombre descubre, es descubierto por él. No habría tenido la misma forma en manos de cualquier otro. Ni la figura esculpida ni las leyes de la naturaleza habría resultado en copias idénticas cuando son realizadas por dos mentes diferentes en dos épocas distintas. Descubrir es una doble relación de análisis y síntesis al mismo tiempo. Como análisis busca lo que está ahí. Pero entonces, como síntesis reúne las partes en una forma en la que la mente creativa trasciende los simples límites, el esqueleto desnudo que la naturaleza provee. La escultura es un arte sensorial. Los esquimales levantan pequeñas esculturas que ni siquiera están destinadas a ser vistas, solo manipuladas. La historia presenta la evidencia, que primero existió el hombre técnico y luego vino el hombre científico. Podemos decir que es parte de su evolución cultural.

El fuego siempre ha sido considerado, no como un elemento destructivo, sino como

un elemento transformador. Esa ha sido la magia del fuego. Una conversación con Aldous Huxley y Jacob Bronowsky (video The Hidden Structures, 1.966) en un largo atardecer, sus manos blancas presentadas al fuego diciendo: “Esto es lo que transforma. Esos son los mitos que lo muestran. Sobre todos, el mito del Fénix, que renace en el fuego y vive una y otra vez, generación tras generación”. El fuego es la representación de la juventud y la sangre, el simbólico color en el rubí y el cinabrio, y cuando Prometeo en la mitología griega entregó el fuego al hombre, le entregó vida. De forma más práctica, el fuego fue conocido por los primeros hombres, creemos que desde hace unos 400.000 años. Ciertamente ha sido encontrado en las cuevas del hombre de Pekín.

Todas las culturas, desde entonces, han utilizado el fuego, y lo han usado para hacer las simples transformaciones de la vida diaria. Para cocinar, para secar y endurecer maderas, para calentar y partir piedras, pero por supuesto, la gran transformación que contribuyó a hacer que la civilización penetrara más profundamente. La física es el cuchillo que penetra en la estructura de la naturaleza. El fuego, la ardiente espada, el cuchillo que corta, más allá de la estructura visible, dentro de la roca. Eso es, la extracción de metales de sus vetas, que ahora sabemos se inició hace 7.500 años, alrededor del año 5.500 AC, en Persia y Afganistán. En ese tiempo, el hombre colocó la piedra verde malaquita al fuego en un infiernillo, y de ella surgió el metal rojo cobre. Reconocieron el cobre, ya que algunas veces se encuentran trozos sueltos en la superficie, y en esa forma, ya había sido moldeado y trabajado por más de 2.000 años. En el nuevo mundo también se trabajó y fundió cobre hacia el nacimiento de Cristo, pero ahí se detuvo. Solo el viejo mundo continuó hasta hacer del metal el soporte de la vida civilizada.

Repentinamente, el alcance del control del hombre es incrementado inmensamente. Tiene bajo su dominio un material que puede ser moldeado, estirado, martillado, fundido, que puede ser convertido en herramienta, adorno, una vasija, y que además puede volverse a poner al fuego y darle nueva forma. Solo tiene un defecto. El cobre es un metal blando. Tan pronto se coloca bajo presión, un alambre de cobre, por ejemplo, visiblemente empieza a doblarse. Eso es porque el cobre, como todos los metales, está formado por capas de cristales, y son las capas de cristales las que se desplazan una sobre la otra hasta que finalmente se parten. Cuando el alambre de cobre se parte, no lo es tanto porque falla bajo presión, si no es por fallar el deslizamiento interno. Por supuesto, el calderero no lo cree así.

Tuvo que enfrentarse a un problema muy serio, el cual es que al cobre no puede darse un filo. Por un corto tiempo, el ascenso del hombre se quedó detenido a la espera del

próximo paso, hacer un metal duro con un filo para cortar. Si eso parece una afirmación exagerada para un avance técnico, es porque como descubrimiento, el próximo paso es contradictorio y hermoso. Cuando al cobre se añade estaño, un metal aun más suave, se obtiene una aleación más fuerte que el hierro, hace bronce. El punto es que casi todos los materiales puros son débiles. Lo que el estaño consigue es adicionar al material puro una forma de agarre atómico, puntos de diferente aspereza que se fijan en el entramado de cristales y evitan que se deslicen. Ese descubrimiento alcanzó su mejor expresión en China. Llegó a China con seguridad desde el Oriente Medio, donde se había descubierto el bronce alrededor del 3.800 AC. El punto máximo del bronce en China es también el inicio de la civilización China tal como la conocemos. La dinastía Shang, antes del 1.500 AC. La dinastía Shang fue un periodo en el que también se desarrolló la cerámica y se estableció la escritura. Es la caligrafía, tanto en la cerámica como en el bronce, que es tan sorprendente. Los chinos hacían los moldes de tiras alrededor de un centro de cerámica, y como las tiras aún se utilizan, sabemos cómo funciona el proceso. Las proporciones de cobre y estaño que usaban los chinos eran bastante precisas.

EL bronce se puede hacer casi con cualquier proporción, entre, digamos, 5 % y 20 % de estaño. Pero los mejores bronce Shang se lograron con el 15 % de estaño, y aquí el resultado de la fundición es perfecto. En esa proporción el bronce es casi tres veces más duro que el cobre. Los bronce son objetos ceremoniales, divinos. Expresan para China una monumental veneración, ya que en Europa, al mismo tiempo se estaba construyendo Stonehenge, monumento en Inglaterra dispuesto para indicar la llegada y final de los solsticios de verano y de invierno De ese momento en adelante, el bronce se convirtió en un material para todo. El plástico de su tiempo.

La riqueza creativa y delicadeza de estos trabajos chinos, vasijas para vino y comida, en parte festivo, en parte divino, es que crearon un arte que creció espontáneamente a partir de sus propias habilidades técnicas. El contenido científico de estas técnicas clásicas se aprecia con claridad. Con el descubrimiento de que el fuego funde los metales, llegó con el tiempo el descubrimiento de que los fusionaría para crear una aleación con nuevas propiedades. Eso es tan cierto para el hierro como para el cobre. El hierro es, por supuesto, un descubrimiento más tardío. La primera evidencia positiva es, probablemente una parte de una herramienta que ha quedado atrapada en una de las pirámides, y que nos da una fecha alrededor del 2.500 AC. Pero el uso extensivo del hierro fue realmente iniciado por los hititas, alrededor del Mar Negro, cerca del 1.500 AC. El mismo tiempo del proceso de

fundición del cobre en China, el tiempo de Stonehenge, tal vez sea la evidencia de un desfase cultural entre Inglaterra y China. Y como el cobre llenó una época con su aleación bronce, así el hierro llenó la suya con su aleación: acero.

Dentro de los siguientes 500 años, para el 1.000 AC, el acero se producía en la India, y las exquisitas propiedades de los diferentes tipos de acero fueron conocidas. Es perceptible que alcanzaron su clímax en la fabricación de las espadas japonesas, que se han estado produciendo, de una u otra manera desde quizás el 800 DC. La confección de la espada, como toda la antigua metalúrgica, estaba rodeada de rituales, y eso por una muy clara razón. Cuando no se tiene un lenguaje escrito, cuando no hay ningún simbolismo, cuando no se tiene nada que pueda llamarse una fórmula química, entonces debe tener una ceremonia específica, que determine la secuencia de operaciones para que sean exactas y recordadas. Así, es una forma de depender en las manos de una sucesión apostólica por la que una generación bendice y entrega a la próxima generación los materiales, bendice el fuego y bendice al fabricante de espadas.

El hombre que está haciendo la espada lleva el título de monumento cultural viviente. Su nombre es Getsu, y en sentido formal, es un descendiente directo en su habilidad, del fabricante de espadas Masamune, quien perfeccionó el proceso en el siglo XIII para repeler a los mongoles. El hierro se descubrió más tarde que el cobre porque cada etapa necesita más calor. El punto de fundición del hierro está cerca de los 1.500°C. El acero es un material infinitamente más sensitivo que el bronce. El hierro es fundido con un porcentaje insignificante de carbón, usualmente menos del 1 %.

El proceso de confeccionar la espada, refleja el exquisito control del carbón y el uso del calor, por los cuales un objeto de acero es confeccionado para adecuarse perfectamente a su función. Incluso la palanquilla de acero no es fácil, porque la espada debe combinar dos diferentes e incompatibles propiedades de los materiales. Una espada debe ser flexible y también debe ser fuerte. Esas no son propiedades que se puedan incorporar a un mismo material, a menos que consista de capas. La palanquilla de acero es cortada y luego doblada de tal forma que se formen una multitud de superficies interiores. La espada que Getsu confecciona requiere que doble la palanquilla 15 veces. Eso significa que el número de capas de acero será de dos elevado a potencia de 15, las que son mucho más de 30000 capas. Cada capa debe estar pegada a la siguiente que tiene una propiedad distinta. Es como si quisiéramos combinar la flexibilidad de la goma con la dureza del cristal, y la espada, esencialmente, es un inmenso emparedado de estas dos propiedades.

En la última etapa, la espada es preparada cubriéndola con arcilla en diferente grosor, de modo que, al calentarla y luego metida en agua, se enfríe a diferente velocidad. La temperatura del acero para este momento final tiene que ser estimada exactamente y en una civilización en la que eso no se hace por medidas, existe, naturalmente, una fórmula ritual. La espada debe ser calentada hasta que alcance el brillo del sol de la mañana. El clímax no es tanto drama como química, es el enfriamiento que endurece la espada e iguala las diferentes propiedades dentro de ella. Diferentes tipos de cristales son producidos por las diferentes velocidades de enfriamiento.

Grandes y suaves cristales en el corazón flexible de la espada y pequeños y puntiagudos cristales en el filo. Las dos propiedades de la goma y el cristal han sido finalmente combinadas en la espada terminada. Se revelan ellas mismas en la apariencia de la superficie de la espada, un brillo de seda tornasolada por el que los japoneses sienten gran estima, pero la prueba de una espada, la prueba de una técnica práctica que tiene algo de teoría científica, es: ¿funciona? Puede cortar el cuerpo humano de la manera formal que prescriben los rituales. Corte número 2, el O-yo-dan, el cual corta al ser humano en un solo intento desde la base del cuello, pasando por encima del ombligo. El cuerpo se simula en estos tiempos con un paquete de paja. La espada es el arma del Samurái. Mediante la espada sobrevivieron las interminables guerras civiles, que dividieron el Japón del siglo XII en adelante. Todo en ellos es metalurgia refinada, la armadura flexible hecha de tiras de acero, la ornamentación del caballo, los estribos. Sin embargo, el Samurái no sabía cómo hacer esas cosas el mismo. Como los jinetes en otras culturas, ellos imponían la fuerza, y dependían, incluso para sus armas, de la destreza de los aldeanos a quienes alternativamente, o protegían o robaban.

Con el tiempo, los Samurái se transformaron en mercenarios pagados, quienes vendían sus servicios por oro. El oro es la recompensa universal en todos los países, en todas las culturas y en todas las épocas. Es su brillo, tal vez, lo que despierta la codicia en los seres humanos, recordándole que es poseedor del fuego de los dioses. Francis Bacon: “El oro tiene estas naturalezas, magnitud en el peso, proximidad de las partes, fijación, maleable o suave, inmunidad al óxido, color o tintura amarilla. Si un hombre puede hacer un metal que tenga todas esas propiedades, dejemos al hombre disputar si es oro o no”. Ko Hung: “El amarillo oro si se fundiera cientos de veces, no será dañado, ni tampoco destruido hasta el fin del mundo”. Cellini: “Cuando coloqué este trabajo ante el rey se quedó sin aliento en su asombro y no podía quitarle los ojos de encima.

En su admiración gritó: Esto es cien veces más celestial de lo que jamás habría pensado. Qué maravilla es el hombre”. Es fácil notar que el hombre que hizo un artefacto de oro no era un simple técnico, sino un artista, pero es igualmente importante y no tan fácil de notar, que el hombre que aquilató el oro, era también más que un técnico. Para él, el oro era un elemento científico. Poseer una técnica es provechoso, pero como todas las habilidades, lo que le da vida es su lugar en el esquema general de la naturaleza. Una teoría. Los hombres que probaban y refinaban el oro hicieron visible una teoría de la naturaleza, una teoría en la que el oro era único y sin embargo, podría estar formado de otros elementos. Por eso fue que tanta antigüedad gastó su tiempo e ingeniosidad desarrollando pruebas para reconocer el oro puro.

La primera referencia escrita de la alquimia tiene algo más de dos mil años y vino de China. Dice como hacer oro y usarlo para prolongar la vida. Eso sería una extraordinaria conjunción para nosotros. Para nosotros, el oro es precioso, porque es escaso, pero para los alquimistas de todo el mundo, el oro era precioso porque es incorruptible. Ningún ácido o compuesto alcalino conocido en esos tiempos lo atacaba. Así era, en efecto, como el joyero del emperador lo probaba, o como ellos habrían dicho: “Dividido”. En una época cuando se creía que la vida era brutal, corta, sucia, para los alquimistas, el oro representaba la única, eterna chispa de vida en el cuerpo humano y su búsqueda para transmutar metales básicos en oro y hallar el elixir de la vida, es uno y el mismo esfuerzo.

Ahí yace, por consiguiente, en su trabajo una profunda teoría. Una que deriva, en primer lugar, por supuesto, de las ideas griegas sobre la tierra, el fuego, el aire y el agua, pero las que, para la Edad Media, tomaron una nueva y muy importante forma. Entonces, para los alquimistas, existía armonía entre el microcosmos del cuerpo humano y el macrocosmos de la naturaleza. Un volcán en la escala mayor era como hervir. Una tempestad y un aguacero eran como llorar. Bajo estas analogías superficiales, y cada teoría científica es una analogía, se encuentran los más profundos principios, que el universo y el cuerpo están hechos de los mismos materiales, o principios, o elementos.

Para los alquimistas existían dos de tales elementos. Uno era el mercurio, que servía para todo lo que fuera denso y permanente y el otro era el azufre, que servía para todo lo que fuera inflamable y perecedero. Todos los cuerpos materiales, incluyendo al cuerpo humano, estaban hechos de estos dos principios y podían ser rehechos a partir de ellos. Por ejemplo, creían que todos los metales crecían dentro de la tierra a partir del mercurio y el azufre, de la forma que crecen los huesos en un embrión dentro del huevo. En verdad creían esa analogía.

Todavía permanece en los símbolos de la medicina actual. Todavía usamos el símbolo femenino que los alquimistas usaban para el cobre, lo que es suave, Venus. Para el varón usamos el que los alquimistas usaron para el hierro, lo que es fuerte, Marte, Eso parecía una infantil y terrible teoría. Pero nuestra química parecerá infantil dentro de 500 años.

Una teoría en su día, ayuda a resolver los problemas del día, y la solución a los problemas médicos había estado detenida hasta cerca del 1.500, debido a la creencia de los antiguos de que todas las curas debían provenir, ya sea de plantas o de animales. Una especie de vitalismo. Ahora los alquimistas introdujeron minerales en la medicina. Sal, por ejemplo, y la muy peculiar cura para la enfermedad que asoló a casi toda Europa en 1.500 DC y que no se había conocido anteriormente. El nuevo flagelo, sífilis. Hasta este día, no sabemos de dónde vino la sífilis. Pudo haber sido traída al regresar los marineros de los buques de Colón. La cura para ella resultó depender del uso del más poderoso metal alquimista, mercurio.

El hombre que logró que esa cura funcionara es un punto de referencia de la vieja alquimia a la nueva en vías de convertirse en química, iatroquímica, bioquímica, la química de la vida. Trabajó en Europa en el siglo XVI, el lugar es Basilea, en Suiza, el año 1.527. Hay un monumento en el ascenso del hombre cuando se apartó de la sombra del secreto y del conocimiento anónimo y entró a un nuevo sistema de descubrimientos abiertos y personales. El hombre que he escogido para simbolizar eso fue bautizado como Aureolus Philippus Theophrastus Bombastus Von Hohenheim. Felizmente, el mismo se dio el nombre, de una forma más compacta, de Paracelso. Fue un Rabelasiano, picaresco, carácter salvaje, bebedor con estudiantes, perseguidor de mujeres, recorrió casi todo el mundo y hasta muy recientemente figuraba en las historias de la ciencia como un charlatán.

Pero no era eso. Fue un hombre de repartido pero profundo, genial. Fue un hombre práctico que entendió que el tratamiento de un paciente depende del diagnóstico. Fue un diagnosticador brillante y en directa aplicación por el mismo como doctor, rompió con la tradición por la cual, el médico era un académico de escuela que estudiaba un libro muy viejo y el pobre paciente quedaba en manos de algún asistente que hacía lo que le dijeran. Así fue como fue traído a la casa de Johann Frobenius, en Basilea, el gran protestante y pintor humanista, quien en 1.527 sufrió una severa infección en una pierna que estaba a punto de ser amputada.

Apeló a sus amigos en el nuevo movimiento, quienes le enviaron a Paracelso. Paracelso expulsó a los académicos de la habitación, salvó la pierna y efectuó una cura que resonó en toda Europa. Erasmo le escribió diciendo: "Has traído de vuelta a Frobenius, quien

es la mitad de mi vida, desde el inframundo”. El centro de esa época histórica fue Basilea. Fíjense en la fecha. Paracelso nació en 1.493. Ese fue el año siguiente al descubrimiento de América por Colón y apertura del Nuevo Mundo. Entonces llegó Lutero, reventando las tradiciones de la iglesia, y allí en Basilea, poniendo la ciudad en contra de los clérigos en una nueva clase de oposición. El humanismo había florecido aun antes de la Reforma. Había una universidad con una tradición democrática, y aun cuando sus médicos miraban de reojo a Paracelso, el Consejo de la Ciudad podía insistir en que se le permitiera enseñar. Un gran cambio flotaba en Europa. Mayor quizás que la convulsión política y religiosa que Martín Lutero había iniciado, el simbólico año del destino estaba justo en frente: 1.543. En ese año tres libros fueron publicados que cambiaron la mente de Europa; Los dibujos anatómicos de Vesalio; la primera traducción del griego de las matemáticas y física de Arquímedes y el libro de Nicolás Copérnico sobre la Revolución de las Esferas Celestes, que colocó al sol en el centro de los cielos y creó lo que ahora es llamada la Revolución Científica.

Toda esa batalla entre pasado y futuro fue proféticamente resumida en 1.527 en una sola acción frente al monasterio aquí en Basilea. Paracelso públicamente arrojó a la hoguera la tradicional de los estudiantes, un antiguo texto médico de Avicena, un árabe seguidor de Aristóteles. Hay algo simbólico sobre esa hoguera de medio verano que intentaré retrotraer hasta el presente. El fuego es el elemento alquimista, por el cual el hombre es capaz de penetrar profundamente en la estructura de la materia. ¿Entonces, es el fuego mismo una forma de materia? Si usted cree eso, tendría que suponerle toda suerte de propiedades imposibles. Tal como que es más liviano que nada. 200 años después de Paracelso, eso fue lo que los químicos intentaron con la teoría del flogisto. Pero ninguna sustancia como el flogisto, tal como no existe tal principio como principio fundamental debido a que el fuego no es material, tanto como la vida lo es.

El fuego es un proceso de transformación y cambio, por el que elementos materiales son reincorporados en nuevas combinaciones. La naturaleza del proceso químico solo fue comprendida cuando el fuego mismo fue entendido como un proceso. El gesto de Paracelso expresó: “La ciencia no puede mirar atrás al pasado. Nunca existió una época dorada”. Tomó otros 250 años descubrir el nuevo elemento “oxígeno”, que por fin explicó la naturaleza del fuego. Y sacó a la química adelante, fuera de la Edad Media. En el Museo Smithsonian, en Washington, reposa lo que queda del laboratorio de Priestley.

Este aparato solía estar en Birmingham, en Inglaterra, donde Priestley realizó su más espléndido trabajo, el centro de la Revolución Industrial. ¿Por qué está en Washington?,

porque una turba expulsó a Priestley de Birmingham en 1.791. Me gustaría ser capaz de contarles que la turba que destruyó la casa de Priestley en Birmingham, hizo pedazos el sueño de una hermosa, adorable, encantadora criatura. Aunque quienes lo conocieron, podrían decir que eso fuera realmente cierto. No creerían que Priestley fuera muy adorable. Puede describirse, mas bien, que era bastante dificultoso, frio, irascible, meticuloso, estirado, hombre puritano. Pero el ascenso del hombre no se logra con personas adorables, lo consiguen personas que tienen dos cualidades, una inmensa integridad y, al menos, un poco de genio. El descubrimiento que hizo fue que el aire no es una sustancia elemental, que se compone de varios gases y entre ellos, el oxígeno, lo que él llamó aire deflogistado, es el esencial para la vida de los animales.

El 1º de agosto de 1.774, produjo algo de oxígeno y observó, para su asombro, cuán brillantemente lo quemó una vela. En octubre de ese año viajó a París, preguntó a Lavoisier y a muchos otros sobre eso, pero no fue sino hasta su regreso y el 8 de marzo de 1.775, puso un ratón en oxígeno y se dio cuenta de lo bien que se respira en eso. Un día o dos después, escribió una encantadora carta. Dijo a Franklin: "Dos ratones y yo somos las únicas criaturas que han tenido el exquisito placer de respirarlo".

También descubrió que las plantas exhalan oxígeno bajo la luz solar. Por supuesto, esa es la base de los animales que lo respiran. Los próximos cien años demostraron que esto es crucial, que los animales no habrían evolucionado en lo absoluto si las plantas no hubieran primero producido el oxígeno, pero, por supuesto, en los 1.770, nadie pensó en eso. Al descubrimiento del oxígeno le dio sentido la clara y revolucionaria mente de Lavoisier, quien murió en la Revolución Francesa. Lavoisier repitió el experimento de Priestley, que es casi una caricatura de uno de los clásicos experimentos de la alquimia. Ambos hombres calentaron el rojo óxido de mercurio usando una lente de incendio, la lente de incendio estaba muy de moda entonces, en una vasija en la que podían ver el gas que se produce y recogerlo., el gas era el oxígeno.

Ese fue el experimento cualitativo, pero para Lavoisier fue la clave instantánea de que la descomposición química podía ser cuantificada. La idea era simple y radical: Correr el experimento en ambas direcciones y medir exactamente las cantidades. Quemar mercurio para que absorba oxígeno, y medir la cantidad exacta de oxígeno que está tomando entre el inicio de la quema y el final. Ahora, de vuelta al experimento, tome el óxido de mercurio que se ha hecho, caliéntelo vigorosamente y saque el oxígeno de él otra vez. El mercurio queda atrás, el oxígeno flota en la vasija, y la pregunta crucial es ¿Cuánto? Exactamente la cantidad

que antes fue tomada. De repente, el proceso es un material, esencias, principios, flogisto, han desaparecido, dos elementos específicos han sido realmente unidos y luego separados.

Después del fuego, el azufre, el mercurio ardiente, era inevitable que el clímax de la historia debía tener lugar en el frío y húmedo Manchester. Aquí, entre 1.803 y 1.808, un maestro de escuela cuáquero llamado John Dalton, cambió el vago conocimiento de la combinación química, brillantemente iluminado como lo había hecho Lavoisier, de repente en el exacto y moderno concepto de la teoría atómica. Fue un tiempo de maravillosos descubrimientos en química. En esos cinco años, diez nuevos elementos fueron descubiertos, sin embargo, Dalton no estaba interesado en nada de eso. Era, a decir verdad, de alguna forma un hombre descolorido. Ciertamente no veía los colores.

Era un hombre de hábitos regulares, que cada jueves en la tarde salía a jugar bolos en el campo, y las cosas en las que estaba interesado eran las cosas del campo, las cosas en Manchester, agua, gas, metano, dióxido de carbono, y se planteó a sí mismo preguntas concretas sobre la forma en que se combinaban por peso. ¿Por qué, si el agua se forma de oxígeno e hidrógeno, dadas exactamente la misma cantidad siempre se unen para formar una definida cantidad de agua? ¿Por qué cuando se forma dióxido de carbono, por qué cuando es metano, son estas consistentes del peso? Y de pronto se dio cuenta de que la respuesta debía ser que si la pasada de moda teoría atómica griega debía ser cierta, pero el átomo no es solo una abstracción en un sentido físico, tiene un peso que caracteriza a este elemento o a este otro.

En 1.805, publicó por primera vez su concepción de ello y lucía de esta forma. Si una determinada cantidad de carbono, un átomo, se combina para formar dióxido de carbono, lo hace con dos átomos de oxígeno. Si el agua es formada a partir de oxígeno e hidrógeno, será esta molécula de agua y esa molécula de agua. Los pesos están bien. Ahora, ¿está bien el peso para el metano? Si, exactamente, si remueve esos oxígenos, tiene las cantidades adecuadas de hidrógeno y carbón para formar metano. Es la exacta aritmética de los átomos que hace de la teoría química la base de la moderna teoría atómica. Esa es la primera profunda lección que se obtiene de toda esa multitud de especulaciones sobre el oro y cobre y alquimia, hasta que alcanza su clímax con Dalton. Lo otro es un asunto del método científico.

Dalton era un hombre de hábitos regulares. Por 57 años paseó por Manchester cada día. Midió la lluvia, la temperatura, una singular y monótona empresa en este clima. De todo ese volumen de datos, nunca salió nada. Pero de una búsqueda, casi un asunto infantil, sobre el peso que forma parte de la formación de moléculas simples, de eso surgió la teoría atómica

moderna. Esa es la esencia de la ciencia. Formula una pregunta impertinente, y estarás en vías de obtener la respuesta pertinente.

Tenemos que comprender que el mundo solo puede ser controlado por acciones, no por la manipulación. La mano es más importante que el ojo. No somos una de esas civilizaciones contemplativas del lejano Oriente o de la Edad Media que creían que el mundo solo debía verse y pensar sobre él y que no practicaban ninguna ciencia. Somos activos, y de hecho sabemos que, en la evolución del hombre, es la mano la que conduce a la subsecuente evolución del cerebro. Hemos encontrado herramientas hechas por el hombre antes de propiamente ser hombre. Benjamín Franklin llamó al hombre el animal que fabrica herramientas, y eso es correcto y la cosa más excitante sobre eso es que incluso en la prehistoria, que el hombre hizo herramientas que tenían un borde más fino que el que necesitaban tener. La mano es el borde cortante de la mente. La civilización no es una colección de artefactos terminados. Es una elaboración de procesos. En fin, la evolución del hombre es el refinamiento de la mano en acción.

Continuando con lo referente a la instrucción, se puede decir que es parecida a la primera etapa, ya que tiene un desenvolvimiento muy parecido, en lo referente a que son familias que conservan este conocimiento y existen rituales que guían los procesos. Hay evidencias escritas, como algunos escritos de Arquímedes, la elaboración de la catana o espada del samurái, pero la exclusividad familiar se disuelve y pasa a existir grupos que se identifican por una localidad, región o creencia.

CAPITULO III

ARTESANIA CIENTÍFICA

No pudo haber sido un accidente, que el nuevo mundo jamás pensara que la tierra es redonda y nunca saliera a buscar al Viejo Mundo. Fue el Viejo mundo el que navegó alrededor de la tierra para descubrir el Nuevo. ¿Entonces el Nuevo Mundo no inventó nada? Por supuesto que sí hizo algo. Incluso una cultura tan primitiva como la de la Isla de Pascua, hizo una tremenda invención, la escultura de estas estatuas. En el mundo no hay nada como ellas, y la gente pregunta, como es usual, toda clase de preguntas irrelevantes sobre ellas. ¿Por qué las hicieron de esta forma? ¿Cómo las transportaron? ¿Cómo llegaron a los lugares donde se encuentran? Pero ese no es el problema. Stonehenge, de una civilización de la Edad de Piedra mucho más antigua, fue mucho más difícil de levantar que esto. Así fue Avebury, y muchos otros monumentos. No, las culturas primitivas, avanzan lentamente a través de estos enormes proyectos comunales. La pregunta sobre estas estatuas es, ¿por qué todas las hicieron iguales? Las ven, asentadas ahí, como Diógenes en su barril, mirando al cielo, con las cuencas de los ojos vacías y viendo pasar por encima de ellas al sol y las estrellas, sin nunca intentar entenderlos.

Cuando los holandeses descubrieron esta isla, el domingo de pascua de 1.722, dijeron que tenía la forma de un paraíso terrenal, pero no lo era. Un paraíso terrenal no está hecho de esta vacía repetición, como un animal enjaulado, dando vueltas y vueltas y siempre haciendo la misma cosa. Esos rostros congelados, esos cuadros congelados en una película que se acaba, marcan una civilización que falló en tomar el primer paso en el ascenso al conocimiento racional. La isla de Pascua está ubicada a mas de 1.000 millas de la isla habitada más cercana, que es Pitcainr, por allá sobre el volcán, a más de 1.500 millas de la próxima isla, que es donde se tomó como modelo para el personaje de Robinson Crusoe cuando estuvo varado. Distancias como esas no pueden ser navegadas a menos de que se disponga de un modelo de los cielos, de la posición de las estrellas por las cuales conocer la ruta.

Con frecuencia la gente pregunta sobre Isla de Pascua: ¿Cómo llegó el hombre allí? Llegaron allí por accidente, ese no es la pregunta. La pregunta es, ¿Por qué no pudieron marcharse? Y no pudieron marcharse porque no tuvieron noción del movimiento de las estrellas por los que encontrar su camino. ¿Por qué no? Bueno, una razón obvia es que no hay estrella polar en los cielos del polo sur. Sabemos que eso es importante, porque representa

una parte en las migraciones de las aves, las que encuentran su camino por la estrella polar, y por eso es que casi todas migraciones de aves son en el hemisferio norte y no en el sur. Eso puede tener sentido en el hemisferio sur, pero no puede tener sentido para todo el Nuevo Mundo, porque está América Central, está México, hay todo tipo de lugares que tampoco tenían astronomía y estaban situados al norte del ecuador. ¿Qué paso allí? Nadie lo sabe. Puede ser que carecían de esa gran y dinámica imagen que tanto movió al Viejo Mundo, la rueda. La rueda era solo un juguete en el Nuevo Mundo. Pero en el Viejo Mundo, fue la gran representación de la ciencia y la poesía, todo se basaba en ella. Esa visión de los cielos girando sobre su centro, que inspiró a Cristóbal Colón cuando partió en 1.492. Él lo obtuvo de los griegos, quienes creían que las estrellas estaban fijas en esferas que hacían música según giraban.

Ruedas dentro de ruedas. Ese fue el sistema de Ptolomeo, que había funcionado por más de 1.000 años. 100 años antes de que Cristóbal Colón zarpara, el Viejo Mundo fue capaz de hacer soberbios trabajos de relojería de los cielos y las estrellas. Uno de ellos fue el construido por Giovanni De Dondi, en Padua, alrededor del 1.350. Hacerlo le tomó 16 años, pero más que la maravilla mecánica, es la concepción intelectual, que viene de Aristóteles y Ptolomeo y los griegos, que es la representación de los planetas como se ven desde la Tierra. Vistos desde la Tierra, hay 7 planetas. El sol, Marte, noten que su movimiento corre en una rueda de relojería dentro de otra rueda. Júpiter, ruedas más complejas dentro de ruedas. Saturno, ruedas dentro de ruedas. Entonces hemos regresado a la luna, ¿No es ella encantadora? A Mercurio, y finalmente, Venus, y otra vez el mismo retrato, la rueda que lleva a Venus, gira dentro de una más grande e hipotética rueda. Es una concepción maravillosa, muy compleja, pero eso lo hace más maravilloso que en 150 DC, no mucho después del nacimiento de Cristo, los griegos hayan sido capaces de concebir y traspasar a las matemáticas, esta esplendida construcción.

Entonces, ¿qué está mal en ella? Una sola cosa. Que hay siete cuadrantes para los cielos, y los cielos deberían tener una sola maquinaria, no siete. Pero esa maquinaria no fue encontrada hasta que Copérnico colocó al Sol en el centro de los cielos. Nicolás Copérnico fue un distinguido intelectual, eclesiástico y humanista polaco. Había aconsejado a su gobierno sobre reformas monetarias y al papa sobre la reforma del calendario. Por los últimos 20 años de su vida, aproximadamente, se dedicó a la moderna proposición de que la naturaleza debe ser sencilla. ¿Por qué eran tan complicados los recorridos de los planetas? Porque, dedujo, los observamos desde el lugar en el cual sucede que estamos, la Tierra.

Como pioneros de la perspectiva, Copérnico se preguntó por qué no observarlos desde otro lugar. Hay buenas razones renacentistas, más emocionales que razones intelectuales que le hicieron escoger al dorado sol como el otro lugar. Así, en 1543, a la edad de 70 años, Copérnico finalmente decidió a publicar su descripción matemática de los cielos, que él llamó: *De Revolutionibus Orbium Coelestium*”, La Revolución De Las Orbitas Celestiales, como un único sistema moviéndose alrededor del sol. La palabra revolución tiene una alusión hoy que no es astronómico, y eso no es un accidente. Viene de esta época y este libro. Copérnico murió ese mismo año. Se ha dicho que solo vio la copia de su libro una sola vez, cuando fue puesto en sus manos en su lecho de muerte. El sistema de Copérnico lució antinatural en su época, incluso entonces los planetas seguían moviéndose en círculos. Fue un hombre más joven, Johannes Kepler, trabajando más tarde en la ciudad de Praga, quien demostró que los recorridos eran realmente elípticos.

Eso no fue lo que molestó al hombre de la calle, o al del púlpito. Ellos estaban comprometidos con la rueda de los cielos. Los huéspedes celestiales tienen que marchar alrededor de la tierra. Eso se había convertido en artículo de fe, como si la iglesia hubiera decidido que el sistema de Ptolomeo había sido inventado no por un griego levantino, sino por el todopoderoso en persona. Claramente, el asunto no era un problema doctrinario sino de autoridad. El asunto no se hizo principal hasta 70 años más tarde, en Venecia. Dos grandes hombres nacieron en el año 1564. Uno fue William Shakespeare, en Inglaterra, el otro fue Galileo Galilei en Italia. Cuando Shakespeare escribió sobre el drama del poder en su propia época, dos veces estableció la escena, aquí, en la República de Venecia, una fue en el Mercader de Venecia y la otra en Otelo. Eso debido a que en 1600, el Mediterráneo todavía era el centro del mundo, y Venecia el centro del Mediterráneo. Y allí, hombres ambiciosos venían a trabajar porque eran libres para hacerlo sin restricciones. Mercaderes, aventureros e intelectuales, muchos artistas y artesanos, abarrotaban estas calles tal como la hacen ahora.

Los venecianos tenían la reputación de ser gente misteriosa y taimada. Venecia era una especie de puerto libre, como dirían algunos, y cargaba con eso algo del ambiente conspirativo que merodea por las ciudades neutrales como Lisboa y Tánger. Fue en Venecia que un falso patrocinador atrapó a Giordano Bruno y lo entregó a la inquisición. Ciertamente, los venecianos eran gente práctica. Galileo había realizado profundos trabajos en ciencia básica en Pisa, pero lo que a los venecianos buscaron contratarle, se intuye, fue su talento para las invenciones prácticas. Un aparato muy parecido al termómetro, una delicada balanza hidrostática para encontrar la densidad de objetos preciosos. Y algo que Galileo, quien tenía

un don para las ventas, llamó un compás militar, aunque es realmente un instrumento de cálculo no muy diferente a la moderna regla de cálculo. Galileo los hizo y los vendió en su propio taller. Esto fue llamado ciencia comercial y los venecianos lo admiraron. Así, que no hay que asombrarse que, cuando más tarde en 1.608, algunos fabricantes de espejuelos en Flandes inventaron una primitiva forma de catalejo, trataron de venir y venderlos en la república de Venecia. Pero, por supuesto, la república tenía a su servicio en la persona de Galileo, a un científico y matemático inmensamente más poderoso que ninguno del norte de Europa. Y un mucho mejor publicista quien, cuando fabricó un telescopio, hizo subir al senado veneciano al campanario para mostrárselos. Galileo era un pequeño, cuadrado, activo hombre con el pelo rojo.

Tenía 45 años cuando supo de la invención flamenca, y eso lo electrificó. Lo resolvió por sí mismo en una noche y fabricó un instrumento casi tan bueno, con una magnificación de tres, que era apenas igual a un lente de ópera bastante bueno. Pero antes de subir al campanario en Venecia, había aumentado la magnificación a diez, y entonces tenía un verdadero telescopio. Con eso, desde la altura del campanario, donde el horizonte es de cerca de 20 millas puede ver, no solamente el barco en el mar, puede identificarlo, faltándole dos o más horas de navegación, y eso significaba un montón de dinero a los corredores en el Rialto. Galileo es el creador del moderno método científico, e hizo eso en los seis meses que siguieron a su triunfo en el campanario, lo que hubiera sido bastante para cualquier otro. Se le ocurrió entonces que no era suficiente convertir el juguete flamenco en un instrumento de navegación. Que también podía ser convertido en un instrumento de investigación, una idea que era totalmente nueva en esa época. Subió la magnificación del telescopio hasta 30 y lo enfocó hacia las estrellas. De esa manera, realmente hizo por primera vez, lo que conocemos como ciencia práctica. Construir el aparato, hacer el experimento, publicar los resultados, y eso hizo, entre septiembre de 1.609 y marzo de 1.610, cuando publicó en Venecia, el espléndido libro, “El Mensajero Sideral”. ¿Qué escribió? “He visto estrellas por millones, las que nunca antes habían sido vistas, y que sobrepasan a las estrellas previamente conocidas en números más de diez veces. Pero lo que causará el mayor asombro por mucho y lo que en verdad me motiva especialmente a llamar la atención a todos los astrónomos y filósofos es esto: que he descubierto cuatro planetas ni conocidos ni observados por ninguno de los astrónomos anteriores a mi época”. Esos eran los satélites de Júpiter. El Mensajero Sideral también cuenta como enfocó el telescopio a la propia luna. Galileo fue el primer hombre en publicar mapas de la luna.

Se conservan sus acuarelas originales. “Es la más hermosa y encantadora vista contemplar el cuerpo de la luna. Ciertamente no posee una suave y pulida superficie sino una áspera y desigual y justo igual al rostro de la propia Tierra, está en todas partes llena de grandes protuberancias y profundos abismos y sinuosidades”. Fue algo sensacional. Creó una reputación mayor incluso que el triunfo entre la comunidad comercial, y sin embargo, no fue completamente bien recibida. Porque lo que Galileo vio en el cielo y revelado a todos los que tuvieron dispuestos a mirar, fue que el cielo de Ptolomeo simplemente no funcionaba. Que la poderosa especulación de Copérnico había sido correcta y ahora quedaba abierta y revalidada, y como muchos más recientes resultados científicos, que no complacen en nada los prejuicios de la clase gobernante en su día. Galileo creyó que todo lo que tenía que hacer era mostrar que Copérnico estaba en lo cierto y todo el mundo escucharía. Ese fue su primer error, el error de ser ingenuo sobre los motivos de las personas, que los científicos cometen todo el tiempo. También pensó que su reputación ya era lo bastante grande para que le fuera posible regresar a su nativa Florencia, dejar su bastante aburrida cátedra que se había convertido en algo agobiante para él, por lo que Venecia le pagaba en su Universidad de Padua, y dejar la protección de ésta, esencialmente anticlerical y segura república de Venecia. Ese fue su segundo y, a fin de cuentas, fatal error.

La reacción contra Lutero estaba en la cúspide. La lucha en Europa era un conflicto de autoridad. En 1.618, empezó la guerra de los 30 años. En 1.622, Roma creó la Institución para la Propagación de la Fe, o también denominada Santa Inquisición, de donde derivamos la palabra propaganda. Católicos y protestantes estaban enfrentados en lo que hoy podríamos llamar guerra fría, en la que, si Galileo hubiera sabido, ninguna tregua se daba a hombre grande o pequeño. El juicio era muy sencillo en ambos lados: Quien fuera que no esté con nosotros es un hereje. Incluso un tan espiritual intérprete de la fe como el cardenal Bellarmine había encontrado las especulaciones astronómicas de Giordano Bruno intolerables y le había enviado a la hoguera. La iglesia era un gran poder temporal, y en esos tiempos aciagos, luchaba una cruzada política en la que todos los medios estaban justificados por el fin. La ética de un estado policial. Galileo, podemos conjeturar, pudo haber sido extrañamente ingenuo sobre el mundo de la política. Y más ingenuo en pensar que podía aventajarlos porque era más inteligente.

Por 20 años y más se movió en una trayectoria que conducía inevitablemente a su condena. Nunca hubo ninguna duda de que Galileo sería silenciado, porque la separación entre él y aquellos en la autoridad era absoluta. Ellos creían que la fe debía dominar, y

Galileo creía que la verdad debería persuadir. Esa colisión de principios, y por supuesto de personalidades, quedó al descubierto en el juicio de Galileo en 1.633. Pero cada juicio político tiene una larga historia oculta de lo que pasaba detrás del escenario. Y la soterrada historia de lo que pasó antes del juicio de Galileo está aquí, en los cerrados archivos secretos del Vaticano. Entre todos esos pasillos de documentos, hay una modesta caja de seguridad en la que el Vaticano mantiene lo que se estima son documentos cruciales. Aquí, por ejemplo, está la aplicación de divorcio de Enrique VIII, el rechazo que trajo la reforma a Inglaterra y rompió los lazos con Roma. El juicio de Giordano Bruno. Y aquí, el famoso código 1.181. Procedimiento Contra Galileo Galilei. El juicio fue en 1.633, y la primera cosa asombrosa es, ¿qué el documento se inicia cuando? En 1.611. En el momento del triunfo, en Venecia, en Florencia, y aquí en Roma, información secreta está siendo depositada contra Galileo ante la “Santa Oficina de la Inquisición”. En 1.612, en 1.613, en 1.614, en 1.615. Para entonces el mismo Galileo estaba alarmado. Inesperadamente fue a Roma para persuadir a sus amigos entre los cardenales de no prohibir el sistema de Copérnico, pero ya es demasiado tarde. En febrero de 1.616, aquí están las palabras formales. Propositiones para ser prohibidas. Que el sol es inmóvil en el centro de los cielos, que la Tierra no es el centro de los cielos y no es inmóvil, pero se mueven en doble movimiento.

Galileo, parece haber escapado el mismo a una severa condena. En cualquier caso, es llamado ante el Cardenal Bellarmine y está convencido y tiene una carta de Bellarmine que dice, que no debe sostener o defender el sistema de Copérnico. Pero ahí se detiene el documento. Desgraciadamente, hay un documento aquí en el expediente que va más lejos, y sobre el cual es que entonces el juicio va a tratar. Pero eso será 17 años en el futuro. Mientras tanto, Galileo regresa a Florencia y sabe dos cosas, una es que el tiempo para defender a Copérnico en público no ha llegado todavía, y la segunda, que él cree que ese tiempo llegará. Sobre la primera está en lo cierto, sobre la segunda, no. Bueno, ¿esperar ese tiempo hasta cuándo? Hasta que un cardenal intelectual sea elegido papa. Maffeo Barberini. Eso sucedió en 1.623, cuando Maffeo Barberini se convirtió en el papa Urbano VIII. El nuevo papa era un amante de las artes. Amaba la música, encargó al compositor Allegri escribir el Miserere para 9 voces, que mucho después todavía estaba reservado al Vaticano. El nuevo papa amaba la arquitectura, deseaba hacer una Roma gloriosa como el centro de la cristiandad, y hacer de la catedral de San Pedro el centro de Roma. Puso a Bernini a cargo de la terminación de San Pedro y Bernini atrevidamente diseñó el badalquino alto que es la única adición valiosa al diseño original de Miguel Ángel. El papa Urbano VIII se veía a sí mismo como un

innovador, papa Urbano VIII: “Sé mas que todos los cardenales juntos. La orden de un papa viviente vale más que todos los decretos de 100 papas muertos”. Pero de hecho, Barberini como papa resultó ser pura ornamenta, un derrochador nepotista, extravagante, prepotente, incansable en sus esquemas y absolutamente sordo ante las ideas de otros. Incluso hizo matar a los pájaros de los jardines del Vaticano porque le molestaban.

Galileo, con un gran optimismo, vino a Roma en 1.624 y sostuvo seis largas conversaciones en los jardines con el papa. Galileo esperaba que el papa intelectual retirara o al menos dejara pasar la prohibición de 1.616 del retrato del mundo de Copérnico. Resultó que Urbano VIII no consideró eso, pero Galileo todavía tenía la esperanza, y los oficiales de la corte papal esperaban, que Urbano VIII permitiría que las nuevas ideas científicas flotaran calladamente dentro de la iglesia, hasta que, imperceptiblemente, reemplazarán a las viejas. Después de todo, así fue como las paganas ideas de Ptolomeo y Aristóteles se convirtieron en doctrinas cristianas en primer lugar. Así, Galileo siguió creyendo que el papa estaba de su parte, dentro de los límites establecidos por su oficina, hasta que llegó el momento de comprobarlo. Y entonces resultó estar muy profundamente equivocado. Papa Urbano VIII: “Su santidad cargos del inquisidor de Florencia para informar a Galileo, que debe comparecer en Roma ante el santo oficio, El papa, Urbano VIII.

Maffeo Barberini el amigo, personalmente le había entregado en las manos del santo oficio de la inquisición, cuyo proceso es irreversible. En el claustro dominico de Santa Maria Sopra Minerva, donde la santa romana y universal inquisición procedía contra aquellos cuyas alegaciones estaban siendo cuestionadas, fue donde se procesó a Galileo. Había sido creada por el papa Pablo III en 1.542, para detener la propagación de las doctrinas de la reforma, Las reglas de procedimiento eran estrictas y exactas. Se habían formalizado en 1.588 y no eran, por supuesto, las reglas de un tribunal. El prisionero no disponía de una copia ni de los cargos ni de la evidencia. No tenía abogado que le defendiera. Hubo 10 jueces en el juicio de Galileo. Todos cardenales y todos dominicos. Uno era el hermano del papa y otro el sobrino del papa. El juicio fue dirigido por el comisario general de la inquisición. La sala en la que fue juzgado Galileo hoy es parte de la oficina postal de Roma, pero en 1.633, lucia como una sala de juntas. Una habitación fantasmal para un comité en un club de caballeros. También conocemos exactamente los pasos por los cuales Galileo llegó a esta situación. Había comenzado con esos paseos en el jardín con el nuevo papa en 1.624. Estuvo claro que el papa no permitiría que la doctrina de Copérnico fuese admitida abiertamente. Pero había otra manera. Y al año siguiente, Galileo empezó a escribir un Diálogo sobre los

Grandes Sistemas Universales en el que uno de los interlocutores ponía objeciones a la teoría y los otros dos interlocutores, quienes eran mucho más inteligentes, las respondían.

Pero, debido a que la teoría de Copérnico no es obvia, no está claro como la tierra puede volar alrededor del sol una vez al año, o girar sobre su propio eje una vez al día, y nosotros no salimos disparados. No está claro como un objeto puede ser dejado caer desde una torre alta verticalmente, a una tierra que está dando vueltas. Esas objeciones, Galileo las respondió como si estuviera en representación de Copérnico, muerto hacía mucho tiempo, pero en su propio beneficio, Galileo incluyó en el libro esa noción que toda su ciencia nos da, desde el momento en que siendo un hombre joven había primero puesto su mano en su pulso y observado un péndulo, tomó su periodo. Esa noción de que las mismas leyes que se aplican aquí en la tierra, las que penetran el universo y explotan directamente en las esferas cristalinas. El libro fue terminado en 1.630, y no le fue fácil a Galileo lograr que lo autorizaran. Los censores fueron compasivos, pero pronto resultó evidente que había fuerzas más poderosas que se oponían al libro. Bueno, a fin de cuentas, Galileo obtuvo no menos de cuatro “imprimituras” o aprobaciones, y, más temprano en 1.632, el libro fue publicado en Florencia.

Fue un éxito instantáneo y, para Galileo, un desastre instantáneo. De inmediato, desde Roma, el trueno llegó, paren las prensas, recompren todas las copias, que para ese momento ya se habían vendido todas. Y Galileo debe venir a Roma a responder de ello, y nada que él pudiera decir anularía eso. Su edad, ahora estaba cerca de los 70, su enfermedad, que era genuina, el padrinazgo del Gran Duque de Toscana, nada importaba. Debía ir a Roma. Estaba claro que el mismo papa había tomado gran resentimiento contra el libro. Había encontrado al menos un pasaje en el que había insistido, que incluye en el libro, la descripción de un hombre que realmente daba la impresión de ser un bobalicón, pudo ser que el papa sintiera ser esa caricatura, ciertamente se sintió insultado. El papa pensó que Galileo le había engatusado y que sus propios censores le habían fallado. De esa manera, el 12 de abril de 1.633, Galileo fue traído a la sala, sentado junto a la mesa de los acusados, y respondió las preguntas del inquisidor. Las preguntas le eran formuladas cortésmente, en la atmosfera intelectual que reinaba en la inquisición, en latín y en tercera persona. ¿Cómo fue traído a Roma? ¿Es este su libro? ¿Cómo llegó a escribirlo? ¿Qué hay en su libro? Todo eso Galileo lo esperaba. Esperaba defender el libro, pero entonces llegó una pregunta que no esperaba. “¿Estuvo en Roma, particularmente en el año 1.616 y para qué propósito? Estuve en Roma en el año 1.616 porque, habiendo escuchado dudas expresadas sobre las opiniones

de Nicolás Copérnico vine a investigar cuáles opiniones era posible sostener.

Permitidle decir que se decidió y le fue conocido entonces.. “En el mes de febrero de 1.616 el Cardenal Bellarmine me dijo que, sostener las opiniones de Copérnico como un hecho probado era contrario a las sagradas escrituras, por lo tanto no podían ser sostenidas ni tampoco defendidas, pero que podían ser tomadas y vistas como una hipótesis. En confirmación de esto, dispongo de una certificación del Cardenal Bellarmine dada en Mayo 26, 1.616. Si en ese tiempo algún otro precepto le fue dado a el por alguna otra persona. No recuerdo nada que se dijera o que me fuera impuesto”.. Si se le impuso que, en presencia de testigos, está la instrucción de que no puede sostener o defender la mencionada opinión o enseñarla de cualquier forma en absoluto, permitidle decir ahora si lo recuerda. Recuerdo que la instrucción fue que no podía sostener ni defender la mencionada opinión, los otros dos detalles que son no enseñar o considerar en ninguna forma, no están establecidos en la certificación en que me apoyo... “Después del antes mencionado precepto, ¿obtuvo permiso para escribir el libro?”... “No solicité permiso para escribir este libro porque consideré que no he desobedecido las instrucciones que me fueron dadas”... “Cuando solicitó el permiso para imprimir el libro ¿reveló la orden de la sagrada congregación de la que hablamos?”... “No dije nada cuando solicité el permiso para publicar, no habiendo en el libro ni sostenido ni defendido la opinión”... Galileo tenía un documento firmado que decía que solo le estaba prohibido sostener o defender la teoría de Copérnico, lo que significa, como si fuera una probada cuestión de hecho. Esa prohibición recaía sobre todos los católicos en esa época.

La inquisición aduce que existe un documento que prohíbe a Galileo, y solamente a Galileo, enseñar de cualquier forma en absoluto. El no tenía que presentar este documento, no es parte de las reglas de procedimiento. Pero existe ese documento, está en los archivos secretos, y es evidentemente una falsificación, o a lo más caritativo, un borrador de una sugerida reunión que fue rechazada. No está firmado por el Cardenal Bellarmine, no está firmado por los testigos, no está firmado por el notario y no está tampoco firmado por Galileo como acuse de recibo. ¿Tenía la inquisición que degradarse con el uso de estas nimiedades legales, como “sostener o defender, enseñar de ninguna manera en absoluto”, en presencia de un documento que no podía sostenerse en ningún tribunal de justicia? Si lo hizo. No quedaba otro recurso. El libro había sido publicado, había sido revisado por varios censores, El papa ahora podía enfurecerse con los censores, arruinó a su propio secretario, pero, alguna notoria demostración pública tenía que hacerse para mostrar que el libro debía ser condenado. Estuvo en el índice por 200 años debido a alguna falacia cometida por Galileo. La corte no volvió a

reunirse. El juicio terminó ahí.

Hay que decir, que Galileo fue traído dos veces más a esta sala y se le permitió declarar en su propia defensa, pero no se le hicieron preguntas. El veredicto fue alcanzado en una reunión de la congregación del santo oficio, sobre la que mandaba el papa, y quien decidía absolutamente todo lo que debía hacerse. El científico disidente debía ser humillado, la autoridad debía ser mostrada aplastante, no sola con acciones sino también en la intención. Galileo tenía que retractarse y se le mostraron los instrumentos de tortura como si los fueran a utilizar. Lo que esa amenaza significó para un hombre que se inició como doctor, podemos apreciarla escuchando al testimonio de un contemporáneo, quien en verdad soportó el potro de tortura y sobrevivió. Fue William Linlithgow, un inglés, traído al potro, “entonces me pusieron encima de él. Mis piernas fueron puestas sobre los dos lados del potro de tres planchas, una cuerda fue atada a mis tobillos. Según inclinaban las palancas hacia delante aplicaban la fuerza sobre mis rodillas contra las dos planchas reventaron los tendones de mis corvas y la piel de mis rodillas aplastada. Mis labios estaban temblorosos, mis gemidos vehementes y la sangre brotó de mis brazos, los quebrados tendones de manos y rodillas. Liberado de ese pináculo de dolor, fui tirado sobre el suelo con esta incesante imploración: CONFIESA.....”. Galileo no fue torturado. Solo fue amenazado con la tortura en dos ocasiones, su imaginación haría el resto. Ese era el objeto del juicio, demostrar a los hombres imaginativos que no eran inmunes del temible proceso que era irreversible. “Yo Galileo Galilei de 70 años, arrodillado ante ustedes, muy eminentes y reverentes cardenales inquisidor general contra la depravación herética y escribí y publiqué un libro en el que aduje argumentos a favor de la falsa opinión de que el sol es el centro del mundo e inamovible y de que la tierra no es el centro del mundo y se mueve. Por este caso he sido declarado por el santo oficio ser vehementemente sospechoso de herejía. Por consiguiente abjuro y detesto los antes mencionados errores y herejías y juro que en el futuro no volveré jamás a decir o afirmar verbalmente o por escrito cualquier cosa que pueda causar ocasión para una similar sospecha. Pero si conociera alguna persona sospechosa de herejía lo denunciaré a este santo oficio”. Galileo fue confinado por el resto de su vida en su villa, localizada en Arcetri, a cierta distancia de Florencia. Bajo estricto arresto domiciliario. El papa fue implacable. Ninguna publicación, la doctrina prohibida no podía ser discutida. A Galileo ni siquiera se le permitía conversar con protestantes. El resultado fue silencio, entre los científicos católicos. El gran contemporáneo de Galileo, René Descartes dejó de publicar en Francia, y finalmente se marchó a Suecia. Galileo se propuso hacer una cosa. Iba a escribir el libro que fue

interrumpido por el juicio. Un libro sobre las ciencias nuevas, el que trataba sobre física, no en las estrellas, pero sobre la materia aquí, en la tierra. Lo terminó en 1.636, eso es tres años después del juicio. Un hombre viejo de 72 años. Por supuesto, no pudo ser publicado, hasta que finalmente algunos protestantes en Leiden, en los países Bajos, lo imprimieron dos años más tarde.

Para ese tiempo, Galileo estaba totalmente ciego. Escribió de sí mismo: “Yo, que he ensanchado el universo cien mil veces y ahora me encojo en el espacio de mi propio cuerpo”. Entre esos que vinieron a visitarle, estuvo el joven poeta John Milton, de Inglaterra, preparándose para el trabajo de su vida. Es irónico, que para el momento en que Milton escribió su gran poema, 30 años después, estaba totalmente ciego, y también tuvo que depender de sus hijos para terminarlo. Milton, al final de su vida, el mismo se identificó con Sansón Agonistes, Sansón entre los filisteos. “Sin ojos en Gaza, en el molino con esclavos”, quien destruyó el imperio filisteo en el momento de su muerte. Y eso fue lo que hizo Galileo en contra de su propia voluntad. El efecto del juicio y de la prisión fue poner un alto total a la tradición científica en el Mediterráneo. De ahora en adelante, la revolución científica se movió al norte de Europa. Galileo murió, todavía prisionero en su casa en 1.642. El día de navidad de ese mismo año, en Inglaterra, nació Isaac Newton.

En la evolución del ser humano, en la etapa que yo denomino artesanía científica, vemos que, gracias a la actividad artesanal, surgen las actividades financieras, sobre todo en Florencia y Venecia, iniciando una serie de actividades comerciales que antes no se realizaban, promocionando la creatividad y genialidad, aunque las autoridades eclesiásticas veían con recelo esto, los ingresos por este concepto eran bastante generosos como para detenerlos y dejaron que continuara esas actividades. Es probable que el término “laissez faire” surgiera de esto. El uso de las monedas no era muy común y eran respaldadas por una monarquía, pero las actividades de Venecia y Florencia dieron cabida a las monedas de esas ciudades y los pagarés, que eran más cómodos de transportar que cientos de Kg de monedas, con el mayor riesgo de vandalismo. Muchos de los instrumentos financieros actuales surgieron de estas actividades.

La invención de la imprenta por Gutenberg, trajo un cambio profundo en los hábitos de las sociedades. Los libros empiezan a convertirse en un medio de comunicación, donde se divulgan las nuevas ideas, novelas, cuentos, relatos y una necesidad de conocer más cosas, del aprender a leer y escribir, además del descubrimiento de América, empujando a Europa a una cultura globalizada. La tesis de Martín Lutero, como obispo de la iglesia, se

fundamentó en la presencia de la imprenta, la cual permitiría la reproducción de la biblia, para que llegara la palabra de Dios a los más lejanos sitios rurales, los cuales se les dificultaba la asistencia de los sacerdotes para realizar los oficios religiosos.

La curiosidad y genialidad de Galileo lo llevó a fabricar el telescopio, lo dirigió a los cielos, y pudo ver más allá de lo que sus ojos podían alcanzar, pero fue lo suficientemente perspicaz para darse cuenta, no solo de su función, sino de sus aplicaciones. Tal vez el no le dijo a los artesanos, como utilizar el método científico, pero escribió y publicó sus experiencias, fundamentando la publicación como elemento importante en la actividad científica, sobre todo cuando la autoridad del momento se fundamenta en un contexto religioso y no social y ella capta que los descubrimientos desmoronan las razones que sustentan su autoridad, y los seres humanos se engolosinan con el poder, se convierten en megalómanos, se enferman y van más allá de la conciencia humana solo por mantenerse en el poder.

Kepler no fue tanto práctico como teórico, ese fue su gran aporte, tomó las observaciones de Ticho Brahe y logró establecer que las órbitas de los planetas eran elípticas y planteó sus tres leyes naturales, siendo de gran apoyo a las reflexiones de Isaac Newton, quien las incluyó en sus *principia*. Kepler no fue perseguido por la inquisición católica pero su madre si, y tuvo que sacarla de la cárcel en varias ocasiones, no por sus ideas sino por su impertinencia. Antes del juicio a Galileo, las ideas como la de Copérnico, Kepler, eran consideradas “planteamientos exóticos” y eran sometidas a revisión ya que existían restricciones teológicas al planteamiento de reflexiones hacia cómo se describía la naturaleza.

Leonardo Da Vinci tuvo iniciativas parecidas, una gran creatividad, incursionando en la biología y otros temas, aunque fue más egocentrista que altruista, era desordenado en sus escritos y sus encargos los dejaba como bocetos o inconclusos. No se niega su genialidad, pero su falta de disciplina no le permitió dejar un aporte significativo a la investigación científica. Sin embargo, fue observado y admirado, motivando a muchos a ser como él.

CAPITULO IV

REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

Las revoluciones no las hace la mano del destino, sino los hombres (J. Bronowsky, video *The drive for power*, 1.966). Algunas veces solitarios, hombres de genio. Pero las grandes revoluciones del siglo XVIII fueron realizadas por muchos hombres menores unidos, lo que les motivó fue la convicción de que cada hombre es el amo de su propia salvación. Hoy damos por seguro que la ciencia tiene responsabilidad social. Esa idea no se la habría ocurrido a Newton o a Galileo, ellos pensaban de la ciencia como una explicación del mundo tal como es, y la única responsabilidad que reconocían era decir la verdad. La idea que la ciencia es una empresa social es moderna. Empezó con la Revolución Industrial. La Revolución Industrial es una larga sucesión de cambios que empezó alrededor del 1.760. No es una sola, forma parte de una triada de revoluciones, de las cuales las otras dos son; la Revolución Americana iniciada en 1.775, y la Revolución Francesa iniciada en 1.789.

Puede parecer extraño, poner en el mismo paquete una revolución industrial y dos revoluciones políticas, pero el hecho es que todas ellas fueron revoluciones sociales. La Revolución Industrial es simplemente la forma inglesa de realizar esos cambios sociales. Yo pienso en ella como la Revolución Inglesa. ¿Qué la hace especialmente inglesa? Obviamente, se inició en Inglaterra. Inglaterra ya era la principal nación manufacturera, pero la manufactura era una industria rústica y la Revolución Industrial se inició en las aldeas, los hombres que la hicieron eran los artesanos; el molinero, el relojero, el constructor de canales, el herrero. Lo que hace la Revolución Industrial tan peculiarmente inglesa, es que sus raíces están en el campo. Los ingleses fantasean con que el país era idílico en el siglo XVIII, un paraíso perdido, como en “*Deserted Village*” de Oliver Goldsmith, la cual es una fábula. El país era un lugar donde los hombres trabajaban desde el amanecer hasta el ocaso y los trabajadores vivían no bajo el sol, sino en la pobreza y la oscuridad. Las ayudas que existían para aliviar los trabajos eran inmemoriales, como el molino, que ya era tiempos de Chaucer (finales del siglo XVIII).

La Revolución Industrial empezó con esas máquinas. Los molineros fueron los ingenieros de la edad entrante. James Brindley de Staffordshire inició su auto creada carrera en 1.733, trabajando en molinos. Las mejoras de Brindley eran prácticas para afinar y elevar el rendimiento de las ruedas hidráulicas como máquina. Fue la primera maquinaria de uso múltiple para las nuevas industrias, Brindley trabajó, por ejemplo, para mejorar la molienda

del pedernal, que se usaba en la naciente industria de la alfarería. Sin embargo había un mayor movimiento en el ambiente alrededor del 1.750. El agua se había convertido en el elemento de la ingeniería, y hombres como Brindley estaban obsesionados con ella. El agua estaba chorreando y moviendo por todo el campo. No era simplemente una fuente de poder, era una ola nueva de movimiento. James Brindley fue un pionero en el arte de construir canales, o como lo llamaban entonces, “navegación”. Eso porque Brindley no podía deletrear la palabra “navigator”, los obreros que excavan zanjas o canales todavía se les llama “navvies”. Dos cosas son extraordinarias en la creación del sistema de canales inglés, y ellos caracterizaron toda la Revolución Industrial. Uno fue que, los hombres que hicieron la revolución eran hombres prácticos. Como Brindley, a menudo tenían poca educación, y de hecho, una educación escolar, como era entonces, solo podía adormecer una mente creativa (opinión de Brindley). La otra característica extraordinaria, que las nuevas invenciones eran para el uso diario. Los canales eran arterias de comunicación. No fueron hechos para transportar botes de placer sino barcazas, y las barcazas no estaban hechas para transportar lujos, sino utensilios de cocina empaques de ropa, cajas de listones, y todas las cosas comunes que la gente compra por un penique (la centésima parte de una libra).

La tecnología en Inglaterra, era para ser usada por todo el país lejos de la capital, y eso, exactamente, es lo que la tecnología no era en los oscuros claustros de las cortes europeas. Por ejemplo, los franceses y los suizos eran tan listos como lo eran los ingleses, y mucho más ingeniosos al fabricar juguetes científicos. Pero derrocharon esa brillante habilidad haciendo juguetes para sus ricos o reales patrones. Los franceses fueron los creadores de la automatización, lo que es, hacer que cada paso en una secuencia de movimientos controle el siguiente. Finas habilidades de este tipo podían hacer “subir” a un hombre en Francia. Un relojero, Pierre Caron, quien satisfizo a la reina, se convirtió en el conde Beaumarchais. Más tarde escribió la obra sobre la que Mozart basó su ópera, “Las Bodas de Fígaro”.

A simple vista, Las Bodas de Fígaro parece una comedia francesa de títeres, canturreando secretas maquinaciones, pero el hecho es que es un anticipado indicio de la revolución. Beaumarchais, en efecto, estuvo involucrado en un trato secreto de armas con los revolucionarios americanos. El mensaje que colocó al carácter del sirviente Fígaro es revolucionario. La famosa aria **S** es un reto: “Conde, pequeño Conde, usted puede ir a bailar, pero yo tocaré la tonada”. Eso era lo que estaba pasando bajo los ceremoniosos patrones de la sociedad francesa. Tan formales como los jardines del “Château de Villandry”. Parece

inconcebible que la escena del jardín en las Bodas de Fígaro, el aria que acaban de leer (en el video se escucha la tonada), pudo en su época, ser considerada revolucionaria. Pero consideren cuando fue escrita. Beaumarchais terminó de escribir la obra Las Bodas de Fígaro alrededor del 1.780. Le tomó cuatro años de lucha contra una horda de censores sobre todos ellos el propio Luis XVI, que le permitieran representarla. Cuando se presentó, fue un escándalo en toda Europa. Mozart fue capaz de presentarla en Viena al convertirla en una ópera. Mozart tenía entonces 30 años. Eso fue en 1.786, y tres años más tarde, en 1.789, la Revolución Francesa.

¿Fue Luis XVI derrocado de su trono y decapitado por causa de Las Bodas de Fígaro? Por supuesto que no. La sátira no es dinamita social, pero si es un indicador social. Muestra que hombres nuevos llaman a la puerta. ¿Qué hizo a Napoleón, llamar al último acto de la obra la revolución en acción? Fue el mismo Beaumarchais en el personaje de Fígaro señalando a la corte y diciendo: “porque ustedes son grandes nobles, se creen que son grandes genios. No han tenido problemas con nada, excepto con nacer”. Beaumarchais representaba una aristocracia diferente de talento activo: Los relojeros en su época, los masones en el pasado, los impresores. ¿Qué entusiasmó a Mozart con la obra? El ardor revolucionario que para él estaba representado por el movimiento de los francmasones. Piensen en el más grande de todos los francmasones de esa época, el impresor Benjamín Franklin.

Él era el emisario americano allí, en Francia en la corte de Luis XVI en 1.784, cuando fue representada por primera vez Las Bodas de Fígaro. Y él, más que ninguna otra persona, representa a esos progresistas, enérgicos, confiables, ambiciosos, emprendedores hombres, quienes construyeron una nueva era. Por una cosa, Benjamín Franklin tuvo esa maravillosa suerte. Cuando iba a presentar sus credenciales ante la corte francesa, en el último momento se dio cuenta que la peluca y las ropas formales eran muy pequeñas para él. Así, que acudió sin peluca, con su propio pelo, y fue instantáneamente aclamado como el niño de la naturaleza por las graderías. Todas sus acciones tienen el sello de un hombre que conoce su mente y conoce las palabras para expresarlo. Publicó un almanaque, que está lleno de material en bruto para futuros proverbios. “el hambre nunca vio pan malo”. “si quieres saber lo que vale el dinero, intenta pedir prestado un poco”. Y para aquellos que dudaban usar las nuevas invenciones: “¿Cuál es el uso de un recién nacido?” Estaba pendiente de cómo se decían las cosas. Hizo el primer par de espejuelos bifocales para sí mismo, dividiendo sus lentes por la mitad. Porque no podía seguir el francés en la corte, a menos que

viera la expresión del orador.

Hombres como Franklin tienen pasión por el conocimiento racional. Observando la montaña de logros importantes diseminados a lo largo de su vida, los folletos, los dibujos, las estampillas del impresor, quedamos asombrados de la amplitud y riqueza de su genio creador. El entretenimiento científico de esa época fue la electricidad. Franklin amaba la diversión. Fue un hombre bastante incorrecto, pero tomó esto seriamente. Reconoció a la electricidad como una fuerza de la naturaleza. El propuso que los relámpagos son eléctricos y en 1.752 lo demostró. ¿Cómo pudo un hombre como Franklin demostrarlo? Colgando una llave de una cometa en una tormenta. Siendo Franklin, su suerte se mantuvo. El experimento no lo mató, solo a aquellos que lo imitaron. Por supuesto, convirtió el experimento en una invención práctica, el Pararrayos, y lo utilizó también para iluminar la teoría de la electricidad. Franklin y sus amigos vivían la ciencia, estaba consistentemente en sus pensamientos, tan consistentemente como en sus manos.

El entendimiento de la naturaleza, para ellos, fue un intenso placer práctico. Estos eran hombres en sociedad. Franklin fue político, sin importar si imprimía papel moneda o sus interminables, picantes folletos. Sus políticas eran tan categóricas como sus experimentos. Franklin cambió la florida apertura de la Declaración de Independencia para que con simple confianza dijera: “Sostenemos que dichas verdades son por sí mismas evidentes: que todos los hombres son creados iguales”. Cuando se desató la guerra entre Inglaterra y los revolucionarios americanos, escribió abiertamente a un político inglés que había sido su amigo, “Ustedes han comenzado a quemar nuestros pueblos. Mira en tus manos. Están manchadas con la sangre de tus relacionados”.

El cielo rojo vino a ser el retrato de la nueva época en Inglaterra. En los sermones de John Wesley y en el horneado cielo rojizo de la Revolución Industrial. Esto es Abbeydale en Yorkshire. Uno de los primeros centros para los nuevos procesos para producir hierro y acero. Los amos de la industria fueron los fabricantes de hierro, poderosos, más que engreídas, demoniacas figuras, de quienes el gobierno sospechaba, correcta o realmente creyendo, que todos los hombres son creados iguales. Los trabajadores en el norte y el oeste ya no trabajaban en las granjas. Formaban ahora una comunidad industrial. Debían ser pagados en moneda, no en especie. El gobierno en Londres estaba muy lejos de todo esto. Fallaron en no acuñar la suficiente moneda de pequeño valor, así que fabricantes de hierro como John Wilkinson acuñaron sus propios tokens de paga con sus propias y plebeyas caras en ellos. Alarma en Londres. ¿Era esto un complot republicano? No, no era un complot, pero

es cierto que inventos radicales salen de mentes radicales.

El primer modelo de puente de hierro para ser exhibido en Londres, fue propuesto por Tom Paine un agitador en América y en Inglaterra, protagonista de “The Rights Of Man”. Mientras tanto, el hierro fundido estaba siendo usado en formas revolucionarias por fabricantes de hierro como John Wilkinson. Construyó el primer barco de acero en 1.787, y se jactó de que se llevaría su ataúd cuando muriera. Y fue sepultado en un ataúd de hierro en 1.805. Por supuesto, el barco navegó bajo un puente de hierro. Wilkinson había ayudado a construir eso en 1.779, en el cercano pueblo de Shropshire y todavía se le conoce como el Puente de Hierro. ¿Se comparaba en verdad la arquitectura del hierro con las catedrales? Si, lo hizo. Esta fue una etapa heroica. Thomas Telford creyó en eso, expandir el paisaje con hierro. Este es un acueducto que conduce el canal Llangollen sobre el rio Dee. Los monumentos de la Revolución Industrial tienen una grandeza romana, la grandeza de hombres republicanos.

Los hombres que hicieron la Revolución Industrial son usualmente representados como severos hombres de negocios. Sin otros motivos que su propio interés. Ciertamente eso es erróneo. Por un lado, muchos de ellos eran inventores que habían llegado a los negocios por ese camino, y para otros, casi todos ellos no eran feligreses de la iglesia de Inglaterra, sino que pertenecían a la tradición Puritana en el Unitarismo y otros movimientos similares. John Wilkinson, quien más tarde sería un famoso químico pero quien para entonces era un ministro unitario, probablemente el creador de la frase “la gran felicidad del mayor número”, estaba muy influenciado por su cuñado Joseph Priestley. Priestley en cambio era el consultor científico de Josiah Wedgwood.

A Wedgwood usualmente lo vemos como el hombre que fabricó maravillosas vajillas para la aristocracia y la realeza, y eso hizo en las raras ocasiones en que obtuvo el encargo. Por ejemplo, en 1.774 fabricó un servicio de casi 1.000 piezas para Catalina la Grande de Rusia, altamente decorada que costó mucho más de dos mil libras. Una gran cantidad de dinero en la moneda de ese tiempo. Pero la base de esa vajilla era su propia vajilla, y de hecho, todas las mil piezas, sin decoración, costaban menos de 50 libras. Y lucían como vasijas de porcelana, mate, blancas, muy sencillas. Esto era lo que el hombre de la calle podía comprar por cerca de un chelín (una moneda de 10 peniques) por pieza. Y eso fue lo que transformó la cocina de las clases trabajadoras en la Revolución Industrial. Wedgwood fue un hombre extraordinario, creativo, por supuesto, creó una forma de medir las altas temperaturas en el horno de cerámica por medio de una especie de escala deslizante

de expansión por el cual entró a la Real Sociedad.

Josiah Wedgwood no fue una excepción. Existieron docenas de hombres como él. Efectivamente, perteneció a un grupo de cerca de una docena de hombres, la Sociedad Lunar de Birmingham. Se llamaban La Sociedad Lunar debido a que se reunían cerca de la luna llena, de forma tal que gente como Wedgwood, quien venía desde cierta distancia a Birmingham, pudiera llegar. Pero él no era el industrialista más importante ahí. Estaba Matthew Boulton, quien trajo a James Watt a Birmingham, porque ahí podían construir la máquina de vapor. La medicina era importante en ese grupo. Así, unos de los doctores que ha permanecido famoso, que participó en la Sociedad Lunar, fue Erasmus Darwin, el abuelo de Charles Darwin. El otro abuelo, Josiah Wedgwood. Sociedades como la Sociedad Lunar representan el sentir de los creadores de esa revolución, ese sentimiento muy inglés de que tenían responsabilidad social. Lo he llamado un sentir inglés, sin embargo, eso no es bastante justo.

La Sociedad Lunar estuvo muy influenciada por Benjamín Franklin y los otros americanos asociados con ello. Lo que corría por ella fue una sencilla fe. La buena vida es más que decencia material. Pero la buena vida debe estar basada en la decencia material. Tardó 100 años antes de que los ideales de la Sociedad Lunar se hicieran realidad, en la Inglaterra Victoriana. Cuando al fin llegó, la realidad parecía estar en todas partes, incluso cómica, como una postal victoriana. Es cómico pensar que ropa interior de algodón y jabón pudieran lograr una transformación en la vida de los pobres. Sin embargo, estas simples cosas, carbón en la estufa, cristales en las ventanas, variedad de alimentos, fueron una elevación maravillosa en los estándares de vida y salud. Para nuestros estándares, las ciudades industriales eran como barrios marginados. Pero a las personas que habían venido de los campos, una casa en una terraza fue una liberación del hambre, del sucio y de las enfermedades. Ofrecía una nueva abundancia de oportunidades. Las habitaciones con textos en las paredes nos parecen simpáticas y patéticas, pero para la esposa de la clase trabajadora, fue la primera experiencia de decencia privada. Probablemente los armazones de camas en hierro salvaron más mujeres de puerperio que los maletines negros de los médicos.

Esos beneficios vinieron por la producción masiva en factorías, y el sistema de las factorías era espantoso. Los libros de textos están correctos sobre eso. Pero eran espantosos en la vieja, tradicional forma. Minas y talleres habían sido malsanos, aglomerados y tiránicos mucho antes de la Revolución Industrial. Las factorías simplemente continuaron lo que las industrias de aldeas siempre habían hecho, con un despiadado desprecio a aquellos que

trabajaban. La polución de las factorías no era nada nuevo tampoco. Otra vez, fue la tradición de las minas y los talleres la que siempre habían contaminado su ambiente. Pensamos en la polución como una plaga moderna, pero no lo es. Es otra expresión de la asquerosa indiferencia a la salud y a la decencia, que por siglos hizo que la plaga fuera una fatalidad cada año. El nuevo mal que hacía a las factorías espantosas era diferente. Fue la dominación del hombre por el ritmo de las máquinas.

Por primera vez los obreros eran dirigidos por maquinarias inhumanas, el poder, primero del agua y luego del vapor. Nos parece demencial. Fue demencial que los manufactureros se intoxicaran por el chorro de poder que surgía sin parar de la caldera de la factoría. Hasta las escuelas dominicales advertían a los niños que “Satán encuentra alguna travesura para que la realicen las manos ociosas”. El cambio en la escala del tiempo en las factorías fue espantoso y destructivo. Pero el cambio en la escala de poder inició el futuro. Matthew Boulton de la Sociedad Lunar, por ejemplo, construyó una factoría que fue un lugar digno de verse por el tipo de trabajo en metales, aunque Boulton dependía de la habilidad de los artesanos. Aquí vino James Watt a construir el símbolo espectacular, el dios-sol todopoderoso, la máquina de vapor.

En 1.776, Matthew Boulton en Birmingham estaba muy emocionado con su nueva sociedad con James Watt para construir la máquina de vapor. Cuando Boswell vino a verle ese año, le dijo con grandilocuencia: “Aquí vendemos, señores, lo que todo el mundo quisiera tener, poder”. Una encantadora frase, pero también cierta. El poder es una nueva preocupación, en un sentido, una nueva idea en ciencia. La Revolución Industrial, la Revolución Inglesa resultó ser la gran descubridora del poder. Fuentes de energía que se buscaban en la naturaleza. Viento, sol, agua, vapor, carbón. De repente surgió la pregunta: ¿Por qué todas ellas son unitarias? ¿Qué relación existe entre ellas? Eso nunca se había preguntado antes. Hasta entonces, la ciencia había estado enteramente dedicada a explorar la naturaleza como es. Pero ahora la moderna concepción de transformar la naturaleza ha surgido. Sadi Carnot, un ingeniero francés, observando las máquinas de vapor, la vieja máquina construida por Watt y Boulton, fundó en esencia, la ciencia de la dinámica termal, la dinámica del calor. La energía se había convertido en el concepto central de la ciencia, y su principal preocupación era la unidad de la naturaleza, de la cual la energía es el meollo. Y no solamente en ciencia. Observen, la sorpresa es que mientras esto sucede, ¿Qué está pasando en la literatura? La oleada de Poesía Romántica se inició alrededor del año 1.800. ¿Cómo podían estar los poetas románticos interesados en la industria? Muy sencillamente. El nuevo

concepto de la naturaleza como la portadora de la energía, los tomó como por asalto. Ellos amaban la palabra “storm”. Un joven, filósofo alemán Friedrich von Schelling, exactamente en 1.799, inició una nueva forma de filosofía, que ha permanecido poderosa en Alemania, Naturphilosophie, la filosofía de la naturaleza, incorporando los conceptos de energía. De él, Coleridge la introdujo en Inglaterra. Los poetas fallecidos reflexionaron sobre estos conceptos, y el joven Wedgwood, quien fue amigo de Coleridge, y de hecho, lo apoyaba. Todos los poetas y pintores de repente se vieron atrapados por la idea, de que la naturaleza es la fuente del poder, y que todas sus diferentes formas son expresiones de la misma fuerza central, llamada energía. Y no solo en la naturaleza. La poesía romántica expresa en la forma más sencilla que el hombre mismo es el portador de una divina o al menos una energía natural. La Revolución Industrial generó libertad, en la práctica, para hombres que deseaban lograr lo que tenían dentro de ellos, un concepto inconcebible 100 años antes. Pero mano a mano, el pensamiento romántico inspiró a esos hombres a hacer de su libertad un nuevo sentido de personalidad en la naturaleza. La mejor expresión de todas fue la del más grande de los poetas románticos, William Blake. Muy sencillamente: “Energía es una delicia eterna”. La palabra clave es “delicia”, el concepto clave es liberación, el sentido de diversión como derecho humano.

Naturalmente, los emprendedores de la época expresaron el impulso con invenciones y produjeron un cuerno de la abundancia sin fondo de excéntricas ideas para deleitar las tardes sabatinas de las familias trabajadoras. Hasta el día de hoy, muchas de las solicitudes que se acumulan en las oficinas de Patentes son ligeramente alocadas, como los propios inventores. Podríamos construir una avenida desde aquí hasta la Luna alineando estas locuras, y sería más o menos insustancial y tan alegre como la adquisición de la Luna. Consideren por ejemplo, la idea del “Zootropo”, que es casi tan emocionante como una tarde en el cine y desarrolla el argumento mucho más rápido. O la orquesta automática, que tiene la ventaja de un pequeño repertorio. Todo ello empacado en rústico vigor casero, que no ha conocido el buen gusto. Es absolutamente hecho por ellos mismos.

Por cada inútil invención doméstica, como la picadora mecánica de vegetales, saldría una espléndida, como el teléfono. Al final de la avenida del placer, podríamos ciertamente colocar la máquina que es en esencia la negación de la máquina, hace absolutamente nada. Los hombres que realizaron las invenciones descabelladas y las grandiosas provenían del mismo molde. Piensen en las invenciones que redondearon la Revolución Industrial, como los canales que la iniciaron. Los ferrocarriles. Fueron hechos

posibles por Richard Trevithick, nativo de Cornwall, un luchador y un hombre fuerte, convirtió la máquina de vapor en una fuente de poder móvil, cambiando el diseño de la máquina de vapor Watt en una máquina de alta presión. Fue un hecho vivificador, que inició un sistema de comunicaciones para el mundo, e hizo a Inglaterra el corazón del mismo. Todavía estamos a mitad de la Revolución Industrial. Será mejor que lo estemos. Tenemos muchas cosas que arreglar en ella, pero ha hecho a nuestro mundo más rico, más pequeño y por primera vez nuestro. Quiero decir eso así, literalmente, nuestro mundo, el mundo de todos. Desde sus primeros comienzos, cuando todavía dependía del poder del agua, la Revolución Industrial fue terriblemente cruel para aquellos cuyas vidas y modos de vida fueron cambiados. Revoluciones son, sin embargo, con el tiempo devino en revolución social, y estableció esa igualdad social, la igualdad de los derechos, y sobre todo ello, la igualdad intelectual, de la que dependemos. ¿Dónde estaría un hombre como yo?, ¿dónde estaría usted? Si hubiéramos nacido antes del 1.800.

Todavía vivimos en el medio de la Revolución Industrial y resulta difícil ver sus implicaciones, pero el futuro dirá, que en el ascenso del hombre es un paso tan grande y tan poderoso como el Renacimiento. El Renacimiento estableció la dignidad del hombre. La Revolución Industrial estableció la unidad de la naturaleza. Eso fue conseguido por científicos y poetas románticos quienes observaron que el viento y el mar y las corrientes, y el vapor y el carbón fueron todos creados por el calor del sol, y que el calor mismo es una forma de energía. Muchos hombres meditaron sobre eso, pero fue establecido sobre todo por un hombre: James Prescott Joule de Manchester. Debo contarles una simpática historia sobre él. En el verano de 1847, el joven William Thompson, quien más tarde sería el gran Lord Kelvin, el poderoso de la ciencia británica, estaba caminando, ¿Dónde camina un caballero británico en los Alpes? De Chamonix a Mont Blanc, y allí conoció ¿A quién conoce un caballero británico en los Alpes? A un excéntrico británico. A James Joule llevando un enorme termómetro y acompañado a cierta distancia por su esposa en un carruaje.

Toda su vida había deseado demostrar que el agua cuando cae desde 778 pies, sube un grado Fahrenheit su temperatura, y la caída del agua aquí es ideal, no tiene los 778 pies, pero al menos obtendría medio grado Fahrenheit. Realmente no pudo conseguirlo. Como pueden ver, la caída del agua está demasiado vaporizada para que el experimento funcionara. La historia de los caballeros británicos y sus excentricidades científicas no es irrelevante. Fueron tales hombres que hicieron a la naturaleza romántica. El movimiento romántico en poesía caminó paso a paso con ellos. Lo vemos en poetas como Goethe, quien también era

científico, y en hombres como Beethoven. Lo vemos primero que nada en Wordsworth. La vista de la naturaleza como un nuevo avivador del espíritu porque la unidad en ella era inmediata al corazón y a la mente. Wordsworth había pasado por aquí en 1.790, cuando había sido traído al continente por la Revolución Francesa, y en 1.798, dijo en Tintern Abbey lo que no podía expresar mejor: “La naturaleza entonces era para mí todo temor. No puedo describir lo que entonces era. La resonante catarata me persiguió como una pasión”. “La naturaleza entonces era para mí todo temor”. Joulé nunca lo expresó tan bien como eso. Pero si dijo: “Los grandes agentes de la naturaleza son indestructibles”. Y él quería decir la misma cosa.

A mi entender, el término que mejor encaja en la evolución cultural del hombre, en lo referente a la revolución industrial, es la industrialización, ya que no fue un cambio de régimen, ni de quien ostenta el poder, o intercambiar una bandera por otra. Es la llegada de la máquina a la sociedad y que la sociedad la integra como pieza importante en su cotidianidad. Una máquina es todo aquel dispositivo que puede sustituir o apoyar al ser humano en sus actividades. Hay máquinas simples, como la palanca, la polea, que aumentan el rendimiento de la actividad humana. La máquina trajo cambios profundos, como el dejar de usar los caballos como transporte, la gran cantidad de obreros que trabajaban en un ambiente no saludable, la capacidad de producir cosas en cantidades masivas, la capacidad de producir control en nuestro ambiente doméstico y laboral, para que vivamos en un término que apareció luego de la industrialización, el *confort*, ya que antes no se tomaba en cuenta el cómo se vivía sino en sobrevivir.

Otro aspecto que surgió, fue el entretenimiento. Los parques de diversiones aparecieron como opción de relajarse luego de la jornada laboral, vino el cine, luego la radio y la televisión. Las culturas primitivas, encajadas en sus mitos y religiones no pueden ni aceptan vivir en *confort*, lo ven como algo que envilece el espíritu y que debilita el cuerpo.

Las culturas indígenas ven a la industrialización como algo destructivo, claro, a su cultura, y un intento de insertarlos en eso, con la idea de mejorarlos como seres humanos, su salud, sus condiciones cotidianas, es un error. Esos seres pierden su dignidad, su orgullo, sus referencias ancestrales, sus valores culturales. Es preferible dejarlos aislados, lejos del contacto industrial, que ellos decidan sobre el uso de sus recursos, ya que destruirlos sería un crimen, no solo las vidas humanas, sino su presencia cultural viva, tangible y de la cual podríamos aprender cosas que nos ayuden a tener una visión diferente del quehacer industrial.

CAPITULO V

LAS DOS GUERRAS MUNDIALES

En un sentido, la guerra surgió luego de domar a los caballos, como una actividad de los pueblos nómada. Eso fue lo que los Hunos trajeron, eso fue lo que los Frigios (Phrigians) trajeron (J. Bronowsky, 1966). Eso fue, finalmente, lo que los Mongoles trajeron, y lo llevaron a su clímax bajo Ghenghis Khan mucho más tarde.... Ghenghis Khan fue un nómada y el inventor de poderosas maquinarias de guerra, y esa conjunción dice algo importante sobre los orígenes de la guerra en la historia humana. Por supuesto, es tentador cerrar los ojos a la historia y en su lugar especular sobre las raíces de la guerra en algunos posibles instintos animales. Así como el tigre, todavía tuviéramos que matar para sobrevivir o como el petirrojo, defendiendo un territorio de cría. Pero la guerra, la guerra organizada, no es un instinto humano.

Es una forma altamente planeada y cooperativa de robar. Y esa forma de robo empezó hace 10.000 años, cuando los cultivadores de trigo acumularon un excedente y los nómadas salieron del desierto a robar lo que ellos mismos no podían proveerse. Evidencia de eso hemos visto en la amurallada ciudad de Jericó y su prehistórica torre. Ese fue el inicio de la guerra. Ghenghis Khan y su dinastía mongol, introdujeron esa ratera forma de vida a nuestro propio milenio. Desde el 1.200 al 1.300, hicieron el último intento de establecer la supremacía de los ladrones, quienes no producen nada y quien, en su irresponsable camino viene a robar al campesino, que no tiene donde escapar, el excedente que la agricultura ha acumulado. Pero el intento fracasó. Y fracasó porque al final no había nada que los Mongoles pudieran hacer, excepto ellos mismos adoptar la forma de vida de los pueblos que habían conquistado. Cuando conquistaron a los musulmanes, se convirtieron en musulmanes. Se convirtieron en sedentarios, porque al robar, la guerra no es un estado permanente que puede ser sostenido.

Las confrontaciones tienen un contexto diferente. Siempre son grupos que se enfrentan por razones muy diversas, como religiosas, raciales, búsqueda de poder sobre territorios o sobre grupos sociales, a veces es por un mal entendido. Los artesanos han estado involucrados todo el tiempo en las guerras y en las confrontaciones en la fabricación de espadas, puñales, lanzas, arcos y flechas, ballestas, catapultas, y toda una gama de armas que aporten ventaja estratégica al enfrentamiento.

La llegada de la industrialización cambió totalmente los conceptos y las estrategias en las confrontaciones. La máquina produce un cambio profundo en los procesos de producción. La industria textil se libera sustancialmente del requerimiento de obreros, a tal punto que, en un solo día, podían quedar cesantes 1.000 o 2.000 trabajadores, trayendo una inestabilidad social que los administradores del gobierno (las monarquías) no supieron manejar, ya que estaba sustentada en el temor a Dios, monarcas considerados herederos de la gracia divina y que sus decisiones eran apoyadas por las autoridades religiosas.

Unas de las consecuencias de la reforma que provocó el Obispo Martin Lutero fue la alfabetización, ya que su tesis se sustentaba con la lectura de la biblia, después de haber conocido la imprenta, el cual fue un hecho tecnológico que trajo un cambio en la manera de pensar de las personas, por tanto la población requirió de la alfabetización, pero no solo leyeron la biblia, sino también literatura científica, literaria y filosófica, haciendo que la población adquiriera posturas críticas de las decisiones de las autoridades y no sumisa. Entre esas lecturas están las críticas de Emmanuel Kant (Razón pura, Práctica, al Juicio, metafísica de las costumbres). Gente común podía ser capaz de darse cuenta de lo que pasaba y transmitírselo al público.

La ingeniería se convierte en una profesión estratégica de comercio y de estado, de allí las restricciones a las publicaciones de las investigaciones en ingeniería, aspecto muy remarcado en las investigaciones científicas, (ciencias naturales), cuyo fundamento es la divulgación del conocimiento de la naturaleza. Específicamente en Alemania, las universidades se convierten en aliadas del ejército alemán, animadas por filósofos que plantearon la supremacía genética de la raza aria, que Alemania tenía el derecho natural de gobernar al mundo, y con esa premisa, inventaron armas de destrucción para someter a toda la población mundial a la supremacía alemana. Puede interpretarse como que los alemanes tenían el enfoque tradicional de construir un imperio que abarcara todo el planeta, fue llamado el III Reich, aunque esto fue lo más resaltante de este período.

Existieron lo que denominaron experimentos sociales, como la Revolución Bolchevique en Rusia (1.916), propuesta que surgió como consecuencia de la Gran Depresión de los años 30, donde el modelo capitalista dudó de su capacidad de ser la manera de conseguir bienestar para las sociedades, naciendo así el modelo socialista, donde su fuerte era una intensa actividad agropecuaria y una negación a la presencia de las máquinas en la sociedad, Lenin lo denominó ingeniería social, pero fue más un término retórico que algo realmente serio. La desintegración económica ayudó a acelerar la desintegración política y

fue alimentada por ella. Con el fin de la planificación y de las órdenes del partido comunista desde el centro, ya no existía una economía *nacional* efectiva, sino una carrera de cada comunidad, territorio u otra unidad que pudiera gestionarla, hacia la autoprotección y la autosuficiencia o bien hacia los intercambios bilaterales. Los gestores de las ciudades provinciales con grandes empresas, acostumbrados a tal tipo de arreglos, cambiaban productos industriales por alimentos con los jefes de las granjas colectivas regionales, como hizo Gidaspov, el jefe del partido en Leningrado, que en un espectacular ejemplo de estos intercambios resolvió una escasez de grano en la ciudad con una llamada a Nazarbayev, el jefe del partido en Kazajstán, que arregló un trueque de cereales por calzado y acero (Yu Boldyrev, 1990).

Cuando ya no fue posible seguir manteniendo a las poblaciones aisladas de todo contacto con otros países (o del simple conocimiento de ellos), estos juicios se volvieron escépticos. El comunismo era, en esencia, una fe instrumental, en que el presente sólo tenía valor como medio para alcanzar un futuro indefinido. Excepto en casos excepcionales —por ejemplo, en guerras patrióticas, en que la victoria justifica los sacrificios presentes—, un conjunto de creencias como estas se adapta mejor a sectas o elites que a iglesias universales, cuyo campo de operaciones, sea cual sea su promesa de salvación final, es y debe ser el ámbito cotidiano de la vida humana. Incluso los cuadros de los partidos comunistas empezaron a concentrarse en la satisfacción de las necesidades ordinarias de la vida, una vez que el objetivo milenarista de la salvación terrenal, al que habían dedicado sus vidas, se fue desplazando hacia un futuro indefinido. Y, sintomáticamente, cuando esto ocurrió, el partido no les proporcionó ninguna norma para su comportamiento. En resumen, por la misma naturaleza de su ideología, el comunismo pedía ser juzgado por sus éxitos y no tenía reservas contra el fracaso.

Una cuestión distinta es en qué medida el fracaso del experimento soviético pone en duda el proyecto global del socialismo tradicional: una economía basada, en esencia, en la propiedad social y en la gestión planificada y centralizada de los medios de producción, distribución e intercambio. Que un proyecto así es, en teoría, económicamente racional es algo que los economistas aceptaban ya antes de la primera guerra mundial, aunque, curiosamente, la teoría correspondiente no fue desarrollada por economistas socialistas, sino por otros que no lo eran. Que esta economía iba a tener inconvenientes prácticos, aunque sólo fuese por su burocratización, era obvio. Que tenía que funcionar, al menos en parte, de acuerdo con los precios, tanto los del mercado como unos «precios contables» realistas,

también estaba claro, si el socialismo había de tomar en consideración los deseos de los consumidores y no limitarse a decirles lo que era bueno para ellos.

De hecho, los economistas socialistas occidentales que reflexionaban sobre estas cuestiones en los años treinta, cuando tales cosas se discutían con toda naturalidad, proponían la combinación de planificación, preferiblemente descentralizada, y precios. Naturalmente, demostrar la viabilidad de esta economía socialista no supone demostrar su superioridad frente a, digamos, una versión socialmente más justa de la economía mixta de la edad de oro, ni mucho menos que la gente haya de preferirla. Se trata de una simple forma de separar la cuestión del socialismo en general de la experiencia específica del «socialismo realmente existente». El fracaso del socialismo soviético no empaña la posibilidad de otros tipos de socialismo. De hecho, la misma incapacidad de una economía de planificación centralizada como la soviética, que se encontraba en un callejón sin salida, para transformarse en un «socialismo de mercado», tal como deseaba hacer, demuestra el abismo existente entre los dos tipos de desarrollo (Hobsbawm, 1987).

Se da por sentado que la guerra moderna involucra a todos los ciudadanos, la mayor parte de los cuales además son movilizados; que utiliza un armamento que exige una modificación del conjunto de la economía para producirlo y que se utiliza en cantidades ingentes; que causa un elevadísimo nivel de destrucción y que domina y transforma por completo la vida de los países participantes. Ahora bien, todos estos fenómenos se dan únicamente en las guerras del siglo XX. Es cierto que en períodos anteriores hubo guerras terriblemente destructivas e incluso conflictos que anticiparon lo que más tarde sería la guerra total, como en la Francia de la revolución.

En los Estados Unidos, la guerra civil de 1861-1865 sigue siendo el conflicto más sangriento de la historia del país, ya que causó la muerte de tantas personas como todas las guerras posteriores juntas, incluidas las dos guerras mundiales, la de Corea y la de Vietnam. Sin embargo, hasta el siglo XX las guerras en las que participaba toda la sociedad eran excepcionales. Jane Austen escribió sus novelas durante las guerras napoleónicas, pero ningún lector que no lo supiera podría adivinarlo, ya que en las páginas de sus relatos no aparece mención de las mismas, aunque sin duda algunos de los jóvenes que aparecen en ellas participaron en esos conflictos. Sería inconcebible que cualquier novelista pudiera escribir de esa forma sobre Gran Bretaña durante el período de conflictos del siglo XX.

El monstruo de la guerra total del siglo XX no nació con esas proporciones, pero lo cierto es que a partir de 1914 todos los conflictos eran guerras masivas. Incluso en la primera

guerra mundial, Gran Bretaña movilizó al 12, 5 por 100 de la población masculina, Alemania al 15, 4 por 100, y Francia a casi el 17 por 100. En la segunda guerra mundial, la proporción de la población activa total que se enroló en las fuerzas armadas fue, en todas partes, del orden del 20 por 100 (Milward, 1979, p. 216). Cabe señalar, de paso, que una movilización masiva de esas características durante varios años no puede mantenerse excepto en una economía industrializada moderna con una elevada productividad y —o alternativamente— en una economía sustentada por la población no beligerante.

Las economías agrarias tradicionales no pueden movilizar a un porcentaje tan elevado de la mano de obra excepto de manera estacional, al menos en la zona templada, pues hay momentos durante la campaña agrícola en los que se necesitan todas las manos (durante la recolección). Pero incluso en las sociedades industriales, una movilización de esas características conlleva unas enormes necesidades de mano de obra, razón por la cual las guerras modernas masivas reforzaron el poder de las organizaciones obreras y produjeron una revolución en cuanto la incorporación de la mujer al trabajo fuera del hogar (revolución temporal en la primera guerra mundial y permanente en la segunda). Además, las guerras del siglo XX han sido masivas en el sentido de que han utilizado y destruido cantidades hasta entonces inconcebibles de productos en el curso de la lucha.

De ahí el término alemán *Materialschlacht* para describir las batallas del frente occidental en 1914-1918: batallas de materiales. Por fortuna para Francia, dada su reducida capacidad industrial, Napoleón triunfó en la batalla de Jena de 1806, que le permitió destruir el poder de Prusia, con sólo 1. 500 disparos de artillería.

Sin embargo, ya antes de la primera guerra mundial, Francia planificó una producción de municiones de 10. 000-12. 000 proyectiles diarios y al final su industria tuvo que producir 200. 000 proyectiles diarios. Incluso la Rusia zarista producía 150. 000 proyectiles diarios, o sea, 4, 5 millones al mes. No puede extrañar que se revolucionaran los procesos de ingeniería mecánica de las fábricas. En cuanto a los pertrechos de guerra menos destructivos, parece conveniente recordar que durante la segunda guerra mundial el ejército de los Estados Unidos encargó más de 519 millones de pares de calcetines y más de 219 millones de pares de calzoncillos, mientras que las fuerzas alemanas, fieles a la tradición burocrática, encargaron en un solo año (1943) 4, 4 millones de tijeras y 6, 2 millones de almohadillas entintadas para los tampones de las oficinas militares (Milward, 1979, p. 68).

La guerra masiva exigía una producción masiva. Pero la producción requería también organización y gestión, aun cuando su objeto fuera la destrucción racionalizada de

vidas humanas de la manera más eficiente, como ocurría en los campos de exterminio alemanes. En términos generales, la guerra total era la empresa de mayor envergadura que había conocido el hombre hasta el momento, y debía ser organizada y gestionada con todo cuidado. Ello planteaba también problemas nuevos. Las cuestiones militares siempre habían sido de la competencia de los gobiernos, desde que en el siglo XVII, se encargaran de la gestión de los ejércitos permanentes en lugar de contratarlos a empresarios militares.

De hecho, los ejércitos y la guerra no tardaron en convertirse en «industrias» o complejos de actividad militar de mucha mayor envergadura que las empresas privadas, razón por la cual en el siglo XIX suministraban tan frecuentemente conocimientos y capacidad organizativa a las grandes iniciativas privadas de la era industrial, por ejemplo, los proyectos ferroviarios o las instalaciones portuarias. Además, prácticamente en todos los países el estado participaba en las empresas de fabricación de armamento y material de guerra, aunque a finales del siglo XIX se estableció una especie de simbiosis entre el gobierno y los fabricantes privados de armamento, especialmente en los sectores de alta tecnología como la artillería y la marina, que anticiparon lo que ahora se conoce como «complejo industrial-militar».

Sin embargo, el principio básico vigente en el período transcurrido entre la revolución francesa y la primera guerra mundial era que, en tiempo de guerra la economía tenía que seguir funcionando, en la medida de lo posible, como en tiempo de paz, aunque por supuesto algunas industrias tenían que sentir los efectos de la guerra, por ejemplo el sector de las prendas de vestir, que debía producir prendas militares a una escala inconcebible en tiempo de paz.

Sin duda, la guerra total revolucionó el sistema de gestión. ¿Revolucionó también la tecnología y la producción? o, por decirlo de otra forma, ¿aceleró o retrasó el crecimiento económico? Con toda seguridad, hizo que progresara el desarrollo tecnológico, pues el conflicto entre beligerantes avanzados no enfrentaba sólo a los ejércitos sino que era también un enfrentamiento de tecnologías para conseguir las armas más efectivas y otros servicios esenciales. De no haber existido la segunda guerra mundial y el temor de que la Alemania nazi pudiera explotar también los descubrimientos de la física nuclear, la bomba atómica nunca se habría fabricado ni se habrían realizado en el siglo XX los enormes desembolsos necesarios para producir la energía nuclear de cualquier tipo. Otros avances tecnológicos conseguidos en primera instancia para fines bélicos han resultado mucho más fáciles de

aplicar en tiempo de paz —cabe pensar en la aeronáutica y en los computadores—, pero eso no modifica el hecho de que la guerra, o la preparación para la guerra, ha sido el factor fundamental para acelerar el progreso técnico, al «soportar» los costos de desarrollo de innovaciones tecnológicas que, casi con toda seguridad, nadie que en tiempo de paz realizara el cálculo habitual de costos y beneficios se habría decidido a intentar, o que en todo caso se habrían conseguido con mucha mayor lentitud y dificultad .

La violencia tiene sus reglas. Esto era evidente todavía entre los pilotos que lucharon en las fuerzas aéreas en las dos guerras, y de ello da fe la película pacifista de Jean Renoir sobre la primera guerra mundial, *La gran ilusión*. Los profesionales de la política y de la diplomacia, cuando no les apremian ni los votos ni la prensa, pueden declarar la guerra o negociar la paz sin experimentar sentimientos de odio hacia el bando enemigo, como los boxeadores que se estrechan la mano antes de comenzar la pelea y van juntos a beber una vez que ha terminado. Pero las guerras totales de nuestro siglo no se atenían en absoluto al modelo bismarckiano o dieciochesco. Una guerra en la que se movilizan los sentimientos nacionales de la masa no puede ser limitada, como lo son las guerras aristocráticas. Además —es necesario decirlo—, en la segunda guerra mundial la naturaleza del régimen de Hitler y el comportamiento de los alemanes, incluido el del sector no nazi del ejército, en Europa oriental fue de tal naturaleza que justificó su satanización.

Otra de las razones era la nueva impersonalidad de la guerra, que convertía la muerte y la mutilación en la consecuencia remota de apretar un botón o levantar una palanca. La tecnología hacía invisibles a sus víctimas, lo cual era imposible cuando las bayonetas reventaban las vísceras de los soldados o cuando éstos debían ser encarados en el punto de mira de las armas de fuego. Frente a las ametralladoras instaladas de forma permanente en el frente occidental no había hombres sino estadísticas, y ni siquiera estadísticas reales sino hipotéticas, como lo pondrían de relieve los sistemas de recuento de las bajas enemigas durante la guerra de Vietnam.

Lo que había en tierra bajo los aviones bombarderos no eran personas a punto de ser quemadas y destrozadas, sino simples blancos. Jóvenes pacíficos que sin duda nunca se habrían creído capaces de hundir una bayoneta en el vientre de una muchacha embarazada tenían menos problemas para lanzar bombas de gran poder explosivo sobre Londres o Berlín, o bombas nucleares en Nagasaki. Y los diligentes burócratas alemanes que habrían considerado repugnante conducir personalmente a los mataderos a los famélicos judíos se

sentían menos involucrados personalmente cuando lo que hacían era organizar los horarios de los trenes de la muerte que partían hacia los campos de exterminio polacos.

Las mayores crueldades de nuestro siglo han sido las crueldades impersonales de la decisión remota, del sistema y la rutina, especialmente cuando podían justificarse como deplorables necesidades operativas. Así pues, el mundo se acostumbró al destierro obligatorio y a las matanzas perpetradas a escala astronómica, fenómenos tan frecuentes que fue necesario inventar nuevos términos para designarlos: «apátrida» o «genocidio». Durante la primera guerra mundial Turquía dio muerte a un número de armenios no contabilizado —la cifra, más generalmente aceptada, es la de 1, 5 millones— en lo que puede considerarse como el primer intento moderno de eliminar a todo un pueblo. Más tarde tendría lugar la matanza —episodio mejor conocido— de unos 5 millones de judíos a manos de los nazis, aunque el número es todavía objeto de controversia (Hilberg, 1985).

La primera guerra mundial y la revolución rusa supusieron el desplazamiento forzoso de millones de personas como refugiados o mediante «intercambios de poblaciones» forzosos entre estados. Un total de 1, 3 millones de griegos fueron repatriados a Grecia, principalmente desde Turquía; 400. 000 turcos fueron conducidos al estado que los reclamaba; unos 200. 000 búlgaros se dirigieron hacia el mermado territorio que llevaba su nombre nacional; y 1, 5 o 2 millones de rusos, que escapaban de la revolución o que habían luchado en el bando perdedor durante la guerra civil, quedaron sin hogar.

Fue principalmente para ellos, más que para los 320. 000 Armenios que huían del genocidio, para quienes se inventó un nuevo documento destinado, en un mundo cada vez más burocratizado, a quienes no tenían existencia burocrática en ningún estado: el llamado pasaporte Nansen (el gran explorador noruego del Ártico), de la Sociedad de Naciones, al que le dio su nombre, que hizo de la asistencia a los desamparados su segunda profesión.

En cifras aproximadas, el período 1914-1922 generó entre 4 y 5 millones de refugiados. Pero esa primera oleada de desterrados humanos no fue nada en comparación con la que se produjo en la segunda guerra mundial o con la inhumanidad con que fueron tratados. Se ha estimado que en mayo de 1945 había en Europa alrededor de 40, 5 millones de desarraigados, sin contar los trabajadores forzosos no alemanes y los alemanes que huían ante el avance de los ejércitos soviéticos (Kulischer, 1948, pp. 253-273). Unos 13 millones de alemanes fueron expulsados de las zonas del país anexionadas por Polonia y la URSS, de Checoslovaquia y de algunas regiones del sureste de Europa donde estaban asentados desde hacía largo tiempo (Holborn, 1968, p. 363).

Fueron absorbidos por la nueva República Federal de Alemania, que ofreció un hogar y la condición de ciudadano a todos los alemanes que decidieran ir allí, de la misma forma que el nuevo estado de Israel ofreció el «derecho de retorno» a todos los judíos. Pero ¿cuándo, si no en una época de huida masiva, podía haber hecho un estado un ofrecimiento de ese tipo? De las 11. 332. 700 «personas desplazadas» de diferentes nacionalidades que los ejércitos vencedores encontraron en Alemania en 1945, 10 millones no tardaron en regresar a su patria, pero la mitad de ellas fueron obligadas a hacerlo contra su voluntad (Jacobmeyer, 1986)

La actividad ingenieril siempre ha sido considerada por las sociedades con un halo de misterio, algunas veces satanizada, como causante de todos los males de la humanidad. Como creadores de las máquinas, las religiones las alejan del beneficio de la divinidad, pero los ingenieros no esperan la gracia de dios para realizar sus actividades, ellos solo utilizan las propiedades de la naturaleza para que, gracias a su creatividad, las máquinas nos ayuden a tener una mejor calidad de vida. La creación del ingeniero no hace daño a los humanos, a menos que seres humanos la utilicen contra otros seres humanos. El mismo Einstein, el cual intentó detenerla, y todos los que intervinieron en la elaboración de la bomba atómica se sintieron tan mal, luego de ser explotada en Hiroshima y Nagasaki, que quizás murieron sin encontrar consuelo ni pudieron justificar sus hechos.

Los líderes, como guerreros, buscan la gloria, el ser reconocidos como héroes de la patria, libertadores de la sociedad, pero son los ingenieros los que construyen las sociedades, la convierten en próspera y progresista.

CAPITULO VI

LA GUERRA FRIA

Durante una gran parte del siglo XX, el comunismo soviético pretendió ser un sistema alternativo al capitalismo (E. Hobsbawm, 1.999), destinado por la historia a superarlo. Y durante una gran parte del período, incluso muchos de quienes negaban esa superioridad albergaron serios temores de que resultara vencedor. Al mismo tiempo, desde la Revolución de Octubre, la política internacional ha de entenderse, con la excepción del período 1933-1945, como la lucha secular de las fuerzas del viejo orden contra la revolución social, a la que se asociaba con la Unión Soviética y el comunismo internacional, que se suponía que la encarnaban y dirigían.

A medida que avanzaba el siglo XX, esa imagen de la política mundial como un enfrentamiento entre las fuerzas de dos sistemas sociales antagónicos (cada uno de ellos movilizado, desde 1945, al amparo de una superpotencia que poseía las armas de la destrucción del mundo) fue haciéndose cada vez más difuso. En los años ochenta tenía tan poca influencia sobre la política internacional como pudieran tenerla las cruzadas. Sin embargo, no es difícil comprender cómo llegó a tomar cuerpo. En efecto, la Revolución de Octubre se veía a sí misma, más incluso que la Revolución Francesa en su fase jacobina, como un acontecimiento de índole ecuménica más que nacional. Su finalidad no era instaurar la libertad y el socialismo en Rusia, sino llevar a cabo la revolución proletaria mundial. A los ojos de Lenin y de sus camaradas, la victoria del bolchevismo en Rusia era ante todo una batalla en la campaña que garantizaría su triunfo a escala universal, y esa era su auténtica justificación.

Algunos historiadores han sostenido posteriormente que, de no haber sido por los «accidentes» de la primera guerra mundial y la revolución bolchevique, la Rusia zarista habría evolucionado hasta convertirse en una floreciente sociedad industrial liberal-capitalista y que, de hecho ya había iniciado ese proceso, pero sería muy difícil encontrar antes de 1914 profecías que vaticinaran ese curso de los acontecimientos. De hecho, apenas se había recuperado el régimen zarista de la revolución de 1905 cuando, indeciso e incompetente como siempre, se encontró una vez más acosado por una oleada creciente de descontento social.

Durante los meses anteriores al comienzo de la 1ra. guerra, el país parecía una vez más al borde de un estallido, sólo conjurado por la sólida lealtad del ejército, la policía y la burocracia. Como en muchos de los países beligerantes, el entusiasmo y el patriotismo que embargaron a la población tras el inicio de la guerra, enmascararon la situación política, aunque en el caso de Rusia no por mucho tiempo. En 1915, los problemas del gobierno del zar parecían de nuevo insuperables. La revolución de marzo de 1917, que derrocó a la monarquía rusa, fue un acontecimiento esperado, recibido con alborozo por toda la opinión política occidental, si se exceptúan los más furibundos reaccionarios tradicionalistas. Pero también daba todo el mundo por sentado, salvo los espíritus románticos convencidos de que las prácticas colectivistas de las aldeas rusas conducían directamente a un futuro socialista, que la revolución rusa no podía ser, y no sería, socialista.

No se daban las condiciones para una transformación de esas características en un país agrario marcado por la pobreza, la ignorancia y el atraso y donde el proletariado industrial, que Marx veía como el enterrador predestinado del capitalismo, sólo era una minoría minúscula, aunque gozara de una posición estratégica. Los propios revolucionarios marxistas rusos compartían ese punto de vista. El derrocamiento del zarismo y del sistema feudal, sólo podía desembocar en una «revolución burguesa». La lucha de clases entre la burguesía y el proletariado (que, según Marx, sólo podía tener un resultado) continuaría, pues, bajo nuevas condiciones políticas. Naturalmente, como Rusia no vivía aislada del resto del mundo, el estallido de una revolución en ese país enorme, que se extendía desde las fronteras del Japón a las de Alemania y que era una de las «grandes potencias» que dominaban la escena mundial, tendría importantes repercusiones internacionales. El propio Karl Marx creía, al final de su vida, que una revolución rusa podía ser el detonador que hiciera estallar la revolución proletaria en los países occidentales más industrializados, donde se daban las condiciones para el triunfo de la revolución socialista proletaria.

La segunda guerra mundial apenas había acabado cuando la humanidad se precipitó en lo que sería razonable considerar una tercera guerra mundial, aunque muy singular; y es que, tal como dijo el gran filósofo Thomas Hobbes, «La guerra no consiste sólo en batallas, o en la acción de luchar, sino que es un lapso de tiempo durante el cual la voluntad de entrar en combate es suficientemente conocida». La guerra fría entre los dos bandos de los Estados Unidos y la URSS, con sus respectivos aliados, que dominó por completo el escenario internacional de la segunda mitad del siglo XX, fue sin lugar a dudas un lapso de tiempo así.

Generaciones enteras crecieron bajo la amenaza de un conflicto nuclear global que, tal como creían muchos, podía estallar en cualquier momento y arrasar a la humanidad. En realidad, aun a los que no creían que cualquiera de los dos bandos tuviera intención de atacar al otro les resultaba difícil no caer en el pesimismo, ya que la ley de Murphy es una de las generalizaciones que mejor cuadran al ser humano («Si algo puede ir mal, irá mal»). Con el correr del tiempo, cada vez había más cosas que podían ir mal, tanto política como tecnológicamente, en un enfrentamiento nuclear permanente basado en la premisa de que sólo el miedo a la «destrucción mutua asegurada» (acertadamente resumida en inglés con el acrónimo MAD, «loco») impediría a cualquiera de los dos bandos dar la señal, siempre a punto, de la destrucción planificada de la civilización. No llegó a suceder, pero durante cuarenta años fue una posibilidad cotidiana. La singularidad de la guerra fría estribaba en que, objetivamente hablando, no había ningún peligro inminente de guerra mundial. Más aún: pese a la retórica apocalíptica de ambos bandos, sobre todo del lado norteamericano, los gobiernos de ambas superpotencias aceptaron el reparto global de fuerzas establecido al final de la segunda guerra mundial, lo que suponía un equilibrio de poderes muy desigual pero indiscutido.

La URSS dominaba o ejercía, una influencia preponderante en una parte del globo: la zona ocupada por el ejército rojo y otras fuerzas armadas comunistas al final de la guerra, sin intentar extender más allá su esfera de influencia por la fuerza de las armas. Los Estados Unidos controlaban y dominaban el resto del mundo capitalista, además del hemisferio occidental y los océanos, asumiendo los restos de la vieja hegemonía imperial de las antiguas potencias coloniales. En contrapartida, no intervenían en la zona aceptada como de hegemonía soviética. En Europa las líneas de demarcación se habían trazado en 1943-1945, tanto por los acuerdos alcanzados en las cumbres en que participaron Roosevelt, Churchill y Stalin, como en virtud del hecho de que sólo el ejército rojo era realmente capaz de derrotar a Alemania. Hubo vacilaciones, sobre todo de Alemania y Austria, que se resolvieron con la partición de Alemania de acuerdo con las líneas de las fuerzas de ocupación del Este y del Oeste, y la retirada de todos los ex contendientes de Austria, que se convirtió en una especie de segunda Suiza: un país pequeño con vocación de neutralidad, envidiado por su constante prosperidad y, en consecuencia, descrito (correctamente) como «aburrido». La URSS aceptó a regañadientes el Berlín Oeste como un enclave occidental en la parte del territorio alemán que controlaba, pero no estaba dispuesta a discutir el tema con las armas. La situación fuera

de Europa no estaba tan clara, salvo en el caso de Japón, en donde los Estados Unidos establecieron una ocupación totalmente unilateral que excluyó no sólo a la URSS, sino también a los demás aliados. El problema era que ya se preveía el fin de los antiguos imperios coloniales, cosa que en 1945, en Asia, ya resultaba inminente, aunque la orientación futura de los nuevos estados poscoloniales no estaba nada clara.

Esta fue la zona en que las dos superpotencias siguieron compitiendo en busca de apoyo e influencia durante toda la guerra fría y, por lo tanto, fue la de mayor fricción entre ambas, donde más probables resultaban los conflictos armados, que acabaron por estallar. A diferencia de Europa, ni siquiera se podían prever los límites de la zona que en el futuro iba a quedar bajo control comunista, y mucho menos negociarse, ni aun del modo más provisional y ambiguo. Así, por ejemplo, la URSS no sentía grandes deseos de que los comunistas tomaran el poder en China, pero eso fue lo que sucedió a pesar de todo.

En la práctica, la situación mundial se hizo razonablemente estable poco después de la guerra y siguió siéndolo hasta mediados de los setenta, cuando el sistema internacional y sus componentes entraron en otro prolongado período de crisis política y económica. Hasta entonces ambas superpotencias habían aceptado el reparto desigual del mundo, habían hecho los máximos esfuerzos por resolver las disputas sobre sus zonas de influencia sin llegar a un choque abierto de sus fuerzas armadas que pudiese llevarlas a la guerra y, en contra de la ideología y de la retórica de guerra fría, habían actuado partiendo de la premisa de que la coexistencia pacífica entre ambas era posible. De hecho, a la hora de la verdad, la una confiaba en la moderación de la otra, incluso en las ocasiones en que estuvieron oficialmente a punto de entrar, o entraron, en guerra.

Así, durante la guerra de Corea de 1950-1953, en la que participaron oficialmente los norteamericanos, pero no los rusos, Washington sabía perfectamente que unos 150 aviones chinos eran en realidad aviones soviéticos pilotados por aviadores soviéticos (Walker, 1993, pp. 75-77). La información se mantuvo en secreto porque se dedujo, acertadamente, que lo último que Moscú deseaba era la guerra. Durante la crisis de los misiles cubanos de 1962, tal como sabemos hoy (Ball, 1992; Ball, 1993), la principal preocupación de ambos bandos fue cómo evitar que se malinterpretaran gestos hostiles como preparativos bélicos reales. Este acuerdo tácito de tratar la guerra fría como una «paz fría» se mantuvo hasta los años setenta. La URSS supo (o, mejor dicho, aprendió) en 1953 que los

llamamientos de los Estados Unidos para «hacer retroceder» al comunismo era simple propaganda radiofónica, porque los norteamericanos ni pestañearon cuando los tanques soviéticos restablecieron el control comunista durante un importante levantamiento obrero en la Alemania del Este. A partir de entonces, tal como confirmó la revolución húngara de 1956, Occidente no se entrometió en la esfera de control soviético.

La guerra fría, que sí procuraba estar a la altura de su propia retórica de lucha por la supremacía o por la aniquilación, no era un enfrentamiento en el que las decisiones fundamentales las tomaban los gobiernos, sino la sorda rivalidad entre los distintos servicios secretos reconocidos y por reconocer, que en Occidente produjo el fruto más característico de la tensión internacional: las novelas de espionaje y de asesinatos encubiertos. En este género, los británicos, gracias al James Bond de Ian Fleming y a los héroes agridulces de John Le Carré —ambos habían trabajado por un tiempo en los servicios secretos británicos—, mantuvieron la primacía, compensando así el declive de su país en el mundo del poder real. No obstante, con la excepción de lo sucedido en algunos de los países más débiles del tercer mundo, las operaciones del KGB, la CIA y semejantes fueron desdeñables en términos de poder político real, por teatrales que resultasen a menudo.

En tales circunstancias, ¿hubo en algún momento peligro real de guerra mundial durante este largo período de tensión, con la lógica excepción de los accidentes que amenazan inevitablemente a quienes patinan y patinan sobre una delgada capa de hielo? Es difícil de decir. Es probable que el período más explosivo fuera el que medió entre la proclamación formal de la «doctrina Truman» en marzo de 1947 («La política de los Estados Unidos tiene que ser apoyar a los pueblos libres que se resisten a ser subyugados por minorías armadas o por presiones exteriores») y abril de 1951, cuando el mismo presidente de los Estados Unidos destituyó al general Douglas MacArthur, comandante en jefe de las fuerzas de los Estados Unidos en la guerra de Corea (1950-1953), que llevó demasiado lejos sus ambiciones militares.

Durante esta época el temor de los norteamericanos a la desintegración social o a la revolución en países no soviéticos de Eurasia no era simple fantasía: al fin y al cabo, en 1949 los comunistas se hicieron con el poder en China. Por su parte, la URSS se vio enfrentada con unos Estados Unidos que disfrutaban del monopolio del armamento atómico y que multiplicaban las declaraciones de anticomunismo militante y amenazador, mientras la

solidez del bloque soviético empezaba a resquebrajarse con la ruptura de la Yugoslavia de Tito (1948). Además, a partir de 1949, el gobierno de China no sólo se involucró en una guerra de gran calibre en Corea sin pensárselo dos veces, sino que, a diferencia de otros gobiernos, estaba dispuesto a afrontar la posibilidad real de luchar y sobrevivir a un holocausto nuclear. Todo podía suceder.

Una vez que la URSS se hizo con armas nucleares —cuatro años después de Hiroshima en el caso de la bomba atómica (1949), nueve meses después de los Estados Unidos en el de la bomba de hidrógeno (1953)—, ambas superpotencias dejaron de utilizar la guerra como arma política en sus relaciones mutuas, pues era el equivalente de un pacto suicida. Que contemplaran seriamente la posibilidad de utilizar las armas nucleares contra terceros —los Estados Unidos en Corea en 1951 y para salvar a los franceses en Indochina en 1954; la URSS contra China en 1969— no está muy claro, pero lo cierto es que no lo hicieron.

Sin embargo, ambas superpotencias se sirvieron de la amenaza nuclear, casi con toda certeza sin tener intención de cumplirla, en algunas ocasiones: los Estados Unidos, para acelerar las negociaciones de paz en Corea y Vietnam (1953, 1954); la URSS, para obligar a Gran Bretaña y a Francia a retirarse de Suez en 1956. Por desgracia, la certidumbre misma de que ninguna de las dos superpotencias deseaba realmente apretar el botón atómico, tentó a ambos bandos a agitar el recurso al arma atómica con finalidades negociadoras o (en los Estados Unidos) para el consumo doméstico, en la confianza de que el otro tampoco quería la guerra. Esta confianza demostró estar justificada, pero al precio de desquiciar los nervios de varias generaciones. La crisis de los misiles cubanos de 1962, uno de estos recursos enteramente innecesarios, estuvo a punto de arrastrar al mundo a una guerra innecesaria a lo largo de unos pocos días y, de hecho, llegó a asustar a las cúpulas dirigentes hasta hacerles entrar temporalmente en razón.

En resumen, mientras que a los Estados Unidos les preocupaba el peligro de una hipotética supremacía mundial de la URSS en el futuro, a Moscú le preocupaba la hegemonía real de los Estados Unidos en el presente, sobre todas las partes del mundo no ocupadas por el ejército rojo. No hubiera sido muy difícil convertir a una URSS agotada y empobrecida en otro satélite de la economía estadounidense, más poderosa por aquel entonces que todas las

demás economías mundiales juntas. La intransigencia era la táctica lógica, que destaparan el farol de Moscú, si querían.

Así, ambos bandos se vieron envueltos en una loca carrera de armamentos que llevaba a la destrucción mutua, en manos de la clase de generales atómicos y de intelectuales atómicos, cuya profesión les exigía que no se dieran cuenta de esta locura. Ambos grupos se vieron también implicados en lo que el presidente Eisenhower, un militar moderado de la vieja escuela que se encontró haciendo de presidente en pleno viaje a la locura sin acabar de contagiarse del todo, calificó, al retirarse, de «complejo militar-industrial », es decir, la masa creciente de hombres y recursos dedicados a la preparación de la guerra. Los intereses creados de estos grupos eran los mayores que jamás hubiesen existido en tiempos de paz entre las potencias. Como era de esperar, ambos complejos militar-industriales contaron con el apoyo de sus respectivos gobiernos para usar su superávit para atraerse y armar aliados y satélites, y, cosa nada desdeñable, para hacerse con lucrativos mercados para la exportación, al tiempo que se guardaban para sí las armas más modernas, así como, desde luego, las armas atómicas.

Y es que, en la práctica, las superpotencias mantuvieron el monopolio nuclear. Los británicos consiguieron sus propias bombas en 1952, irónicamente con el propósito de disminuir su dependencia de los Estados Unidos; los franceses (cuyo arsenal atómico era de hecho independiente de los Estados Unidos) y los chinos en los años sesenta. Mientras duró la guerra fría, ninguno de estos arsenales se contó. Durante los años setenta y ochenta, algunos otros países adquirieron la capacidad de producir armas atómicas, sobre todo Israel, Suráfrica y seguramente la India, pero esta proliferación nuclear no se convirtió en un problema internacional grave hasta después del fin del orden mundial bipolar de las dos superpotencias en 1989.

Por suerte para los aliados de los norteamericanos, la situación de la Europa occidental en 1946-1947 parecía tan tensa que Washington creyó que el desarrollo de una economía europea fuerte, y algo más tarde de una economía japonesa fuerte, era la prioridad más urgente y, en consecuencia, los Estados Unidos lanzaron en junio de 1947 el plan Marshall, un proyecto colosal para la recuperación de Europa. A diferencia de las ayudas anteriores, que formaban parte de una diplomacia económica agresiva, el plan Marshall adoptó la forma de transferencias a fondo perdido más que de créditos. Una vez más fue una

suerte para los aliados que los planes norteamericanos para una economía mundial de libre comercio, libre convertibilidad de las monedas y mercados libres en una posguerra dominada por ellos, carecieran totalmente de realismo, aunque sólo fuese porque las tremendas dificultades de pago de Europa y Japón, sedientos de los tan escasos dólares, significaban que no había perspectivas inmediatas de liberalización del comercio y de los pagos.

Tampoco estaban los Estados Unidos en situación de imponer a los estados europeos su ideal de un plan europeo único, que condujera, a ser posible, hacia una Europa unida según el modelo estadounidense en su estructura política, así como en una floreciente economía de libre empresa. Ni a los británicos, que todavía se consideraban una potencia mundial, ni a los franceses, que soñaban con una Francia fuerte y una Alemania dividida, les gustaba. No obstante, para los norteamericanos, una Europa reconstruida eficazmente y parte de la alianza antisoviética que era el lógico complemento del plan Marshall —la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) de 1949— tenía que basarse, siendo realistas, en la fortaleza económica alemana ratificada con el rearme de Alemania.

Lo mejor que los franceses podían hacer era vincular los asuntos de Alemania Occidental y de Francia tan estrechamente que resultara imposible un conflicto entre estos dos antiguos adversarios. Así pues, los franceses propusieron su propia versión de una unión europea, la Comunidad Europea del Carbón y del Acero (1951), que luego se transformó en la Comunidad Económica Europea o Mercado Común Europeo (1957), más adelante simplemente en la Comunidad Europea, y, a partir de 1993, en la Unión Europea. Tenía su cuartel general en Bruselas, pero la alianza franco-alemana era su núcleo. La Comunidad Europea se creó como alternativa a los planes de integración europea de los Estados Unidos. Una vez más, el fin de la guerra fría socavó las bases sobre las que se asentaban la Comunidad Europea y la alianza franco-alemana, en buena medida por los desequilibrios provocados por la reunificación alemana de 1990 y los problemas económicos imprevistos que acarreó.

No obstante, aunque los Estados Unidos fuesen incapaces de imponer a los europeos sus planes económico-políticos en todos sus detalles, eran lo bastante fuertes como para controlar su posición internacional. La política de alianza contra la URSS era de los Estados Unidos, al igual que sus planes militares. Alemania se rearmó, las ansias de neutralidad europea fueron eliminadas con firmeza y el único intento de determinadas

potencias occidentales por adoptar una política exterior independiente de la de Estados Unidos —la guerra anglo-francesa de Suez contra Egipto en 1956— fue abortado por la presión de los norteamericanos. Lo máximo que los aliados o los satélites podían permitirse era rechazar la total integración dentro de la alianza militar sin salirse del todo de la misma (como hizo el general De Gaulle).

La guerra fría acabó cuando una de las superpotencias, o ambas, reconocieron lo siniestro y absurdo de la carrera de armamentos atómicos, y cuando una, o ambas, aceptaron que la otra deseaba sinceramente acabar con esa carrera. Seguramente le resultaba más fácil tomar la iniciativa a un dirigente soviético que a un norteamericano, porque la guerra fría nunca se había visto en Moscú como una cruzada, a diferencia de lo habitual en Washington, tal vez porque no había que tener en cuenta a una opinión pública soliviantada. Por otra parte, por esa misma razón, le resultaría más difícil al dirigente soviético convencer a Occidente de que iba en serio. Por eso es por lo que el mundo le debe tantísimo a Mijail Gorbachov, que no sólo tomó la iniciativa sino que consiguió, él solo, convencer al gobierno de los Estados Unidos y a los demás gobiernos occidentales de que hablaba sinceramente. Sin embargo, no hay que menospreciar la aportación del presidente Reagan, cuyo idealismo simplón pudo atravesar las tremendas barreras formadas por los ideólogos, los fanáticos, los advenedizos, los desesperados y los guerreros profesionales que lo rodeaban, para llegar a convencerse a sí mismo. A efectos prácticos, la guerra fría acabó en las dos cumbres de Reykjavik (1986) y Washington (1987).

¿Representó el fin de la guerra fría el fin del sistema soviético? Los dos fenómenos son separables históricamente, aunque es evidente que están interrelacionados. La forma soviética de socialismo afirmaba ser una alternativa global al sistema del mundo capitalista. Dado que el capitalismo no se hundió ni parecía hundirse —aunque uno se pregunta qué habría pasado si todos los países deudores socialistas y del tercer mundo se hubiesen unido en 1981 para declarar la suspensión del pago de sus deudas a Occidente—, las perspectivas del socialismo como alternativa mundial dependían de su capacidad de competir con la economía capitalista mundial, reformada tras la Gran Depresión y la segunda guerra mundial y transformada por la revolución «postindustrial» de las comunicaciones y de la informática de los años setenta. Que el socialismo se iba quedando cada vez más atrasado era evidente desde 1960: ya no era competitivo y, en la medida en que esta competición adoptó la forma de una

confrontación entre dos superpotencias políticas, militares e ideológicas, su inferioridad resultó ruinoso.

Ambas superpotencias abusaron de sus economías y las distorsionaron mediante la competencia en una carrera de armamentos colosal y enormemente cara, pero el sistema capitalista mundial podía absorber la deuda de tres billones de dólares — básicamente en gastos militares— en que los años ochenta hundieron a los Estados Unidos, hasta entonces el mayor acreedor mundial. Nadie, ni dentro ni fuera, estaba dispuesto a hacerse cargo de una deuda equivalente en el caso soviético, que, de todos modos, representaba una proporción de la producción soviética (posiblemente la cuarta parte) mucho mayor que el 7 por 100 del gigantesco PIB de los Estados Unidos que se destinó a partidas de defensa a mediados de los años ochenta. Los Estados Unidos, gracias a una combinación de buena suerte histórica y de su política, vieron cómo sus satélites se convertían en economías tan florecientes que llegaban a aventajar a la suya. A finales de los años setenta, las economías de la Comunidad Europea y Japón, juntas, eran un 60 por 100 mayores que la de los Estados Unidos. En cambio, los aliados y satélites de los soviéticos nunca llegaron a emanciparse, sino que siguieron practicando una sangría abundante y permanente de decenas de miles de millones de dólares anuales a la URSS.

Geográfica y demográficamente, los países atrasados del mundo, cuyas movilizaciones revolucionarias habrían de acabar, según Moscú, con el predominio mundial del capitalismo, representaban el 80 por 100 del planeta, pero, en el plano económico, eran secundarios. En cuanto a la tecnología, a medida que la superioridad occidental fue creciendo de forma casi exponencial, no hubo competencia posible. En resumen, la guerra fría fue, desde el principio, una lucha desigual.

Pero no fue el enfrentamiento hostil con el capitalismo y su superpotencia lo que precipitó la caída del socialismo, sino más bien la combinación de sus defectos económicos cada vez más visibles y gravosos, y la invasión acelerada de la economía socialista por parte de la economía del mundo capitalista, mucho más dinámico, avanzado y dominante. En la medida en que la retórica de la guerra fría etiquetaba al capitalismo y al socialismo como «el mundo libre» y el «totalitarismo», respectivamente, los veía como los bordes de una sima infranqueable y rechazaba todo intento de superarla; se podría decir que, fuera del suicidio

mutuo que representaba la guerra nuclear, garantizaba la supervivencia del competidor más débil.

Y es que, parapetada tras el telón de acero, hasta la ineficaz y desfalleciente economía de planificación central era viable; puede que se estuviera deshaciendo lentamente, pero no era probable que se hundiera sin previo aviso. Fue la interacción de la economía de modelo soviético con la economía del mundo capitalista a partir de los años sesenta lo que hizo vulnerable al socialismo. Cuando en los años setenta los dirigentes socialistas decidieron explotar los nuevos recursos del mercado mundial a su alcance (precios del petróleo, créditos blandos, etc.) en lugar de enfrentarse a la ardua tarea de reformar su sistema económico, cavaron sus propias tumbas. La paradoja de la guerra fría fue que lo que derrotó y al final arruinó a la URSS no fue la confrontación, sino la distensión.

Sin embargo, en un punto los ultras de la guerra fría de Washington no estaban del todo equivocados. La verdadera guerra fría, como resulta fácil ver desde nuestra perspectiva actual, terminó con la cumbre de Washington de 1987, pero no fue posible reconocer que había acabado hasta que la URSS dejó de ser una superpotencia o, en realidad, una potencia a secas. Cuarenta años de miedo y recelo, de afilar los dientes del dragón militar-industrial, no podían borrarse así como así. Los engranajes de la maquinaria de guerra continuaron girando en ambos bandos. Los servicios secretos, profesionales de la paranoia, siguieron sospechando que cualquier movimiento del otro lado no era más que un astuto truco para hacer bajar la guardia al enemigo y derrotarlo mejor. El hundimiento del imperio soviético en 1989, la desintegración y disolución de la propia URSS en 1989-1991, hizo imposible pretender que nada había cambiado y, menos aún, creerlo.

Hemos visto que la actividad artesanal se ha comprometido con la actividad militar, se muestra profunda en la etapa de artesanía científica con los artefactos fabricados por Leonardo Da Vinci y el análisis de trayectorias de proyectiles de Galileo la ciencia y la técnica comienzan a transitar juntos el camino de la cultura europea occidental. Las confrontaciones son un motivo que promueve los avances en ambos entes, lo más notable de la época de la guerra fría es, hasta qué punto el motor aparente de la expansión económica fue la revolución tecnológica. En este sentido, no sólo contribuyó a la multiplicación de los productos de antes, mejorados, sino a la de productos desconocidos, incluidos muchos que prácticamente nadie se imaginaba siquiera antes de la guerra. Algunos productos

revolucionarios, como los materiales sintéticos conocidos como «plásticos», habían sido desarrollados en el período de entreguerras o incluso habían llegado a ser producidos comercialmente, como el nylon (1935), el poliéster y el polietileno. Otros, como la televisión y los magnetófonos, apenas acababan de salir de su fase experimental. La guerra, con su demanda de alta tecnología, preparó una serie de procesos revolucionarios luego adaptados al uso civil, aunque bastantes más por la parte británica (luego también por los Estados Unidos) que entre los alemanes, tan amantes de la ciencia: el radar, el motor a reacción, y varias ideas y técnicas que prepararon el terreno para la electrónica y la tecnología de la información de la posguerra. Sin ellas el transistor (inventado en 1947) y los primeros ordenadores digitales civiles (1946) sin duda habrían aparecido mucho más tarde.

Fue tal vez una suerte que la energía nuclear, empleada al principio con fines destructivos durante la guerra, permaneciese en gran medida fuera de la economía civil, salvo como una aportación marginal (de momento) a la producción mundial de energía eléctrica (alrededor de un 5 por 100 en 1975). Que estas innovaciones se basaran en los avances científicos del período de posguerra o de entreguerras, en los avances técnicos o incluso comerciales pioneros de entreguerras o en el gran salto adelante post-1945 —los circuitos integrados, desarrollados en los años cincuenta, los láseres de los sesenta o los productos derivados de la industria espacial— apenas tiene importancia desde nuestro punto de vista, excepto en un solo sentido: más que cualquier época anterior, la edad de oro descansaba sobre la investigación científica más avanzada y a menudo abstrusa, que ahora encontraba una aplicación práctica al cabo de pocos años. La industria e incluso la agricultura superaron por primera vez decisivamente la tecnología del siglo XIX.

Tres cosas de este terremoto tecnológico sorprenden al observador. Primero, transformó completamente la vida cotidiana en los países ricos e incluso, en menor medida, en los pobres, donde la radio llegaba ahora hasta las aldeas más remotas gracias a los transistores y a las pilas miniaturizadas de larga duración, donde la «revolución verde» transformó el cultivo del arroz y del trigo y las sandalias de plástico sustituyeron a los pies descalzos. Todo lector europeo, que haga un inventario rápido de sus pertenencias personales podrá comprobarlo. La mayor parte del contenido de la nevera o del congelador (ninguno de los cuales hubiera figurado en la mayoría de los hogares en 1945) es nuevo: alimentos liofilizados, productos de granja avícola, carne llena de enzimas y de productos químicos para alterar su sabor, o incluso manipulada para «imitar cortes deshuesados de alta calidad»

(Considine, 1982, pp. 1. 164 ss.), por no hablar de productos frescos importados del otro lado del mundo por vía aérea, algo que antes hubiera sido imposible.

Comparada con 1950, la proporción de materiales naturales o tradicionales — madera natural, metales tratados a la antigua, fibras o rellenos naturales, incluso las cerámicas de nuestras cocinas, el mobiliario del hogar y nuestras ropas— ha bajado enormemente, aunque el coro de alabanzas que rodea a todos los productos de las industrias de higiene personal y belleza ha sido tal, que ha llegado a minimizar (exagerándolo sistemáticamente) el grado de novedad de su producción, más variada y cada vez mayor. Y es que la revolución tecnológica penetró en la conciencia del consumidor hasta tal punto, que la novedad se convirtió en el principal atractivo a la hora de venderlo todo, desde detergentes sintéticos (surgidos en los años cincuenta) hasta ordenadores portátiles. La premisa era que «nuevo» no sólo quería decir algo mejor, sino también revolucionario.

En cuanto a productos que representaron novedades tecnológicas visibles, la lista es interminable y no precisa de comentarios: la televisión; los discos de vinilo (los LPs aparecieron en 1948), seguidos por las cintas magnetofónicas (los cassettes aparecieron en los años sesenta) y los discos compactos; los pequeños radio transistores portátiles; los relojes digitales, las calculadoras de bolsillo, primero a pilas y luego con energía solar; y luego los demás componentes de los equipos electrónicos, fotográficos y de vídeo domésticos. No es lo menos significativo de estas innovaciones el sistemático proceso de miniaturización de los productos: la portabilidad, que aumentó inmensamente su gama y su mercado potenciales. Sin embargo, acaso el mejor símbolo de la revolución tecnológica sean productos a los que ésta apenas pareció alterar, aunque en realidad los hubiese transformado de arriba abajo desde la segunda guerra mundial, como las embarcaciones recreativas: sus mástiles y cascos, sus velas y aparejos, su instrumental de navegación casi no tienen nada que ver con los barcos de entreguerras, salvo en la forma y la función.

Segundo, a más complejidad de la tecnología en cuestión, más complicado se hizo el camino desde el descubrimiento o la invención hasta la producción, y más complejo y caro el proceso de creación. La «Investigación y Desarrollo» (I+D) se hizo crucial en el crecimiento económico y, por eso, la ya entonces enorme ventaja de las «economías de mercado desarrolladas» sobre las demás se consolidó. (La innovación tecnológica no floreció en las economías socialistas.) Un «país desarrollado» típico tenía más de 1. 000 científicos e

ingenieros por millón de habitantes en los años setenta, mientras que Brasil tenía unos 250, la India 130, Pakistán unos 60 y Kenia y Nigeria unos 30 (UNESCO, 1985, cuadro 5. 18). Además, el proceso innovador se hizo tan continuo, que el coste del desarrollo de nuevos productos se convirtió en una proporción cada vez mayor e indispensable de los costes de producción. En el caso extremo de las industrias de armamento, donde hay que reconocer que el dinero no era problema, apenas los nuevos productos eran aptos para su uso práctico, ya estaban siendo sustituidos por equipos más avanzados (y, por supuesto, mucho más caros), con los consiguientes enormes beneficios económicos de las compañías correspondientes. En industrias más orientadas a mercados de masas, como la farmacéutica, un medicamento nuevo y realmente necesario, sobre todo si se protegía de la competencia patentándolo, podía amasar no una, sino varias fortunas, necesarias, según sus fabricantes, para poder seguir investigando. Los innovadores que no podían protegerse con tanta facilidad tenían que aprovechar la oportunidad más deprisa, porque tan pronto como otros productos entraban en el mercado, los precios caían en picado.

Tercero, en su abrumadora mayoría, las nuevas tecnologías empleaban de forma intensiva el capital y eliminaban mano de obra (con la excepción de científicos y técnicos altamente cualificados) o llegaban a sustituirla. La característica principal de la edad de oro, fue que necesitaba grandes inversiones constantes y que, en contrapartida, no necesitaba a la gente, salvo como consumidores. Sin embargo, el ímpetu y la velocidad de la expansión económica fueron tales, que durante una generación, eso no resultó evidente. Al contrario, la economía creció tan deprisa que, hasta en los países industrializados, la clase trabajadora industrial mantuvo o incluso aumentó su porcentaje dentro de la población activa. En todos los países avanzados, excepto los Estados Unidos, las grandes reservas de mano de obra que se habían formado durante la Depresión de la preguerra y la desmovilización de la posguerra se agotaron, lo que llevó a la absorción de nuevas remesas de mano de obra procedentes del campo y de la inmigración; y las mujeres casadas, que hasta entonces se habían mantenido fuera del mercado laboral, entraron en él en número creciente.

No obstante, el ideal al que aspiraba la edad de oro, aunque la gente sólo se diese cuenta de ello poco a poco, era la producción o incluso el servicio sin la intervención del ser humano: robots automáticos que construían coches, espacios vacíos y en silencio llenos de terminales de ordenador controlando la producción de energía, trenes sin conductor. El ser humano como tal sólo resultaba necesario para la economía en un sentido: como comprador

de bienes y servicios. Y ahí radica su principal problema. En la edad de oro todavía parecía algo irreal y remoto, como la futura muerte del universo por entropía sobre la que los científicos Victorianos ya habían alertado al género humano.

Por el contrario, todos los problemas que habían afligido al capitalismo en la era de las catástrofes parecieron disolverse y desaparecer. El ciclo terrible e inevitable de expansión y recesión, tan devastador entre guerras, se convirtió en una sucesión de leves oscilaciones gracias —o eso creían los economistas keynesianos que ahora asesoraban a los gobiernos— a su inteligente gestión macroeconómica. ¿Desempleo masivo? ¿Dónde estaba, en Occidente en los años sesenta, si Europa tenía un paro medio del 1, 5 por 100 y Japón un 1, 3 por 100? (Van der Wee, 1987, p. 77). Sólo en Norteamérica no se había eliminado aún. ¿Pobreza? Pues claro que la mayor parte de la humanidad seguía siendo pobre, pero en los viejos centros obreros industriales ¿qué sentido podían tener las palabras de la Internacional, «Arriba, parias de la tierra», para unos trabajadores que tenían su propio coche y pasaban sus vacaciones pagadas anuales en las playas de España? Y, si las cosas se les torcían, ¿no les otorgaría el estado del bienestar, cada vez más amplio y generoso, una protección, antes inimaginable, contra el riesgo de enfermedad, desgracias personales o incluso contra la temible vejez de los pobres?

Los ingresos de los trabajadores aumentaban año tras año de forma casi automática. ¿Acaso no continuarían subiendo para siempre? La gama de bienes y servicios que ofrecía el sistema productivo y que les resultaba asequible, convirtió lo que había sido un lujo en productos de consumo diario, y esa gama se ampliaba un año tras otro. ¿Qué más podía pedir la humanidad, en términos materiales, sino hacer extensivas las ventajas de que ya disfrutaban los privilegiados habitantes de algunos países a los infelices habitantes de las partes del mundo que, hay que reconocerlo, aún constituían la mayoría de la humanidad, y que todavía no se habían embarcado en el «desarrollo» y la «modernización»?

Con el colapso de la Unión Soviética el experimento del «socialismo realmente existente» llegó a su fin. Porque, incluso donde los regímenes comunistas sobrevivieron y alcanzaron éxito, como en China, se abandonó la idea original de una economía única, centralizada y planificada, basada en un estado totalmente colectivizado o en una economía de propiedad totalmente cooperativa y sin mercado.

¿Volverá a realizarse el experimento? Está claro que no, por lo menos en la forma en que se desarrolló en la Unión Soviética y probablemente en ninguna forma, salvo en situaciones tales como una economía de guerra total o en otras emergencias análogas.

Ello se debe a que el experimento soviético se diseñó, no como una alternativa global al capitalismo, sino como un conjunto específico de respuestas a la situación concreta de un país muy vasto y muy atrasado en una coyuntura histórica particular e irrepetible. El fracaso de la revolución en todos los demás lugares dejó sola a la Unión Soviética con su compromiso de construir el socialismo en un país donde, según el consenso universal de los marxistas en 1917 (incluyendo a los rusos), las condiciones para hacerlo no existían en absoluto. El intento hizo posibles, con todo, logros harto notables (entre ellos, la capacidad para derrotar a Alemania en la segunda guerra mundial), aunque con un coste humano intolerable, sin contar con el coste de lo que, al final, demostraron ser una economía sin salida y un sistema político que no tenía respuestas para ella. (¿No había predicho acaso Georgi Plejanov, el «padre del marxismo ruso», que la revolución de octubre llevaría, en el mejor de los casos, a un «imperio chino teñido de rojo»?) El otro socialismo «realmente existente», el que surgió bajo la protección de la Unión Soviética, sufrió las mismas desventajas, aunque en menor medida y, en comparación con la URSS, con mucho menos sufrimiento humano.

Un nuevo resurgimiento o renacimiento de este modelo de socialismo no es posible, deseable ni, aun suponiendo que las condiciones le fueran favorables, necesario, pero existen países que, por alguna razón educativa, no toman en cuenta los hechos históricos de la humanidad y deciden vivir los fracasos de otros, muy típico de los países productores de materias primas y baja actividad de manufactura.

La actividad ingenieril necesita de libertades científicas y económicas para poder aportar a la sociedad progreso y prosperidad y esto no es una especie de propaganda, son propiedades de la profesión. Las fábricas de artefactos y procesos de manufactura promueven el intercambio comercial, además de ir a la par con la investigación científica, pues los científicos necesitan instrumentos que les permita parametrizar sus investigaciones de la naturaleza cuando están trabajando en fenómenos relativamente nuevos, que gracias a nuevas tecnologías se pueden estudiar. La ciencia y la técnica son dos entres que conviven en una simbiosis, en donde el avance de uno promueve el del otro.

CAPITULO VII

FUNCION SOCIAL DE LA INGENIERIA

Ningún otro período de la historia ha sido más impregnado por las ciencias naturales y la ingeniería, ni más dependiente de ellas, que el siglo XX (E. Hobsbawm, 1.999). No obstante, ningún otro período, desde la retractación de Galileo, se ha sentido menos a gusto con ellas. Esta es la paradoja con que los historiadores del siglo deben lidiar. Pero antes de intentarlo, hay que comprobar la magnitud del fenómeno.

En 1919 el número total de físicos y químicos alemanes y británicos juntos llegaba, quizás, a los 8. 000. A finales de los años ochenta, el número de científicos e ingenieros involucrados en la investigación y el desarrollo experimental en el mundo, se estimaba en unos 5 *millones*, de los que casi 1 millón se encontraban en los Estados Unidos, la potencia científica puntera, y un número ligeramente mayor en los estados europeos.

Aunque los científicos seguían siendo una fracción mínima de la población, incluso en los países desarrollados, su número crecía espectacularmente, y llegaría prácticamente a doblarse en los veinte años posteriores a 1970, incluso en las economías más avanzadas.

Sin embargo, a fines de los ochenta era la punta de un iceberg mucho mayor de lo que podría llamarse personal científico y técnico potencial, que reflejaba en esencia la evolución educativa de la segunda mitad del siglo. Representaban, tal vez el 2 por 100 de la población global, y puede que el 5 por 100 de la población estadounidense (UNESCO, 1991, cuadro 5. 1). Los científicos propiamente dichos eran seleccionados por medio de tesis doctorales avanzadas que se convirtieron en el pasaporte de entrada en la profesión. En los años ochenta un país occidental avanzado medio generaba unos 130-140 de estos doctores en ciencias al año por cada millón de habitantes (*Observatoire*, 1991). Estos países empleaban también sumas astronómicas en estas actividades, la mayoría de las cuales procedían del erario público, incluso en los países del más ortodoxo capitalismo. De hecho, las formas más caras de la «alta ciencia» estaban incluso fuera del alcance de cualquier país individual, a excepción (hasta los años noventa) de los Estados Unidos.

De todas maneras, se produjo una gran novedad. Pese a que el 90 por 100 de las publicaciones científicas (cuyo número se doblaba cada diez años) aparecían en cuatro idiomas (inglés, ruso, francés y alemán), el eurocentrismo científico terminó en el siglo XX. La era de las catástrofes y, en especial, el triunfo temporal del fascismo, desplazaron su centro de gravedad a los Estados Unidos, donde ha permanecido. Entre 1900 y 1933 sólo se

habían otorgado siete premios Nobel a los Estados Unidos, pero entre 1933 y 1970 se les concedieron setenta y siete. Los otros países de asentamiento europeo (Canadá, Australia, la a menudo infravalorada Argentina) también se convirtieron en centros de investigación independientes aunque algunos de ellos, por razones de tamaño o de política, exportaron a la mayoría de sus principales científicos (Nueva Zelanda, Suráfrica, etc.).

Al mismo tiempo, el auge de los científicos no europeos, especialmente de Extremo Oriente y del subcontinente indio, era muy notable. Antes del final de la segunda guerra mundial sólo un asiático había ganado un premio Nobel en ciencias (C. Raman, en física, el año 1930). Desde 1946 estos premios se han otorgado a más de diez investigadores con nombre japonés, chino, hindú o paquistaní, aunque se sigue infravalorando el auge de la ciencia asiática de la misma forma que antes de 1933 se infravaloraba el de la ciencia estadounidense. Sin embargo, a fines del siglo todavía había zonas del mundo que generaban muy pocos científicos en términos absolutos y aún menos en términos relativos, como por ejemplo la mayor parte de África y de América Latina.

No obstante, resulta notable que, al menos un tercio de los premiados asiáticos, no figuren como científicos de sus respectivos países de origen, sino como estadounidenses (veintisiete de los laureados estadounidenses son inmigrantes de primera generación).

Porque, en un mundo cada vez más globalizado, el hecho de que las ciencias naturales hablen un mismo lenguaje y empleen una misma metodología ha contribuido, paradójicamente, a que se concentren en los pocos centros que disponen de los medios adecuados para desarrollar su trabajo; es decir, en unos pocos países ricos altamente desarrollados y, sobre todo, en los Estados Unidos.

Los cerebros del mundo que escaparon de Europa por razones políticas, migraron de los países pobres a los países ricos desde 1945 principalmente por razones económicas. Esto es normal, puesto que durante los años setenta y ochenta, los países capitalistas desarrollados sumaban casi las tres cuartas partes del total de las inversiones mundiales en investigación y desarrollo, mientras que los países pobres («en desarrollo») no invertían más del 2 o 3 por 100 (*UN World Social Situation*, 1989, p. 103). Sin embargo, incluso dentro del mundo desarrollado, la ciencia fue concentrándose gradualmente, en parte debido a la reunión de científicos y recursos, por razones de eficacia, y en parte porque el enorme crecimiento de los estudios superiores creó inevitablemente una jerarquía, o más bien una oligarquía, entre sus instituciones. En los años cincuenta y sesenta la mitad de los doctorados de los Estados Unidos egresó de las quince universidades de mayor prestigio, a las que procuraban acudir la

mayoría de los jóvenes científicos más brillantes. En un mundo democrático y populista, los científicos formaron una elite que se concentró en unos pocos centros académicos financiados. Como si fueran una especie diferente, los jóvenes científicos mas brillantes; se daban en grupos, porque la comunicación, el tener «alguien con quien hablar», era fundamental para sus actividades. A medida que pasó el tiempo, estas actividades fueron cada vez más incomprensibles para los no científicos, aunque hiciesen un esfuerzo desesperado por entenderlas con la ayuda de una amplia literatura de divulgación, escrita algunas veces por los mejores científicos. En realidad, a medida que aumentaba la especialización, incluso los propios científicos necesitaron revistas para explicarse mutuamente lo que sucedía fuera de sus campos.

Que el progreso en el siglo XX depende de la ciencia es algo que no necesita demostración. La ciencia «avanzada»; es decir el tipo de conocimiento que no podía adquirirse con la experiencia cotidiana, ni practicarse o tan siquiera comprenderse sin muchos años de estudios, que culminaban con unas esotéricas prácticas de posgrado; tuvo un estrecho margen de aplicación hasta finales del siglo XIX. La física y las matemáticas del siglo XVII influían en los ingenieros, mientras que, a mediados del periodo victoriano, los descubrimientos químicos y eléctricos de finales del siglo XVIII y principios del XIX eran ya esenciales para la industria y las comunicaciones, y los estudios de los investigadores científicos profesionales se consideraban la punta de lanza, incluso de los avances tecnológicos. En resumen, la tecnología basada en la ciencia estaba ya en el centro del mundo burgués del siglo XIX, aunque la gente práctica no supiese muy bien qué hacer con los triunfos de la teoría científica, salvo, en los casos adecuados, convertirla en ideología, como sucedió en el siglo XVIII con Newton y a fines del XIX con Darwin.

Sin embargo, muchas áreas de la vida humana seguían estando regidas casi exclusivamente por la experiencia, la experimentación, la habilidad, el sentido común entrenado y, a lo sumo, la difusión sistemática de conocimientos sobre las prácticas y técnicas disponibles. Este era claramente el caso de la agricultura, la construcción, la medicina y de toda una amplia gama de actividades que satisfacían las necesidades y los lujos de los seres humanos. Esto empezó a cambiar en algún momento del último tercio del siglo XX. En la era del imperio británico, no sólo comenzaron a hacerse visibles los resultados de la alta tecnología moderna (no hay más que pensar en los automóviles, la aviación, la radio y el cinematógrafo), sino también los de las modernas teorías científicas: la relatividad, la física cuántica y la genética. Se pudo ver además, que los descubrimientos más esotéricos y

revolucionarios de la ciencia tenían un potencial tecnológico inmediato, desde la telegrafía sin hilos hasta el uso médico de los rayos X, basados ambos en descubrimientos realizados en la última década del siglo XIX. No obstante, aun cuando la alta ciencia del siglo XX era ya perceptible antes de 1914, y pese a que la alta tecnología de etapas posteriores estaba ya implícita en ella, la ciencia no había llegado todavía a ser percibida, como lo sería posteriormente: algo sin lo cual la vida cotidiana era inconcebible *en cualquier parte* del mundo.

Y esto es lo que sucedió, a medida que el milenio tocaba a su fin. La tecnología basada en las teorías y en la investigación científica avanzada, surgidas en las universidades, dominó la explosión económica de la segunda mitad del siglo XX, y no sólo en el mundo desarrollado. Sin el desarrollo de la maquinaria agrícola, los avances en la química de los fertilizantes y los conocimientos genéticos, por ejemplo la India e Indonesia, no hubieran podido producir suficientes alimentos para sus crecientes poblaciones, y a finales de siglo, la biotecnología se había convertido en un elemento importante para la agricultura y la medicina.

El caso es que, estas tecnologías se basaban en descubrimientos y teorías tan alejados del entorno cotidiano del ciudadano medio, incluso en los países más avanzados del mundo desarrollado, que sólo unas docenas, o a lo sumo unos centenares de personas en todo el mundo podían entrever inicialmente que tenían implicaciones prácticas. Cuando el físico alemán Otto Hahn descubrió la fisión nuclear a principios de 1939, incluso algunos de los científicos más activos en ese campo, como el gran Niels Bohr (1885-1962), dudaron de que tuviese aplicaciones prácticas en la paz o en la guerra, por lo menos en un futuro previsible. Y si los físicos que comprendieron su valor potencial no se lo hubieran comunicado a sus generales y a sus políticos, éstos no se hubieran enterado de ello, salvo que fuesen licenciados en física, lo que no era frecuente.

Por poner otro ejemplo, el célebre texto de Alan Turing de 1935, que proporcionaría los fundamentos de la moderna teoría informática, había sido escrito originalmente como una exploración especulativa para lógicos matemáticos. La guerra dio a él y a otros científicos la oportunidad de traducir la teoría a unos primeros pasos de la práctica empleándola para descifrar códigos, pero cuando el texto se publicó originalmente, nadie, a excepción de un puñado de matemáticos, pareció enterarse de sus implicaciones. Este genio de tez pálida y aspecto desmañado, que era por aquel entonces un joven becario aficionado al *jogging* y que se convirtió póstumamente en una especie de ídolo para los

homosexuales, no era una figura destacada ni siquiera en su propia facultad universitaria. Incluso cuando los científicos se entregaban a la resolución de problemas de importancia conocida, sólo unos pocos cerebros aislados en una pequeña parcela intelectual podían darse cuenta de lo que se traían entre manos. Por ejemplo, el Dr. E. Hobsbauwm, era un becario en Cambridge durante la misma época en que Crick y Watson preparaban su triunfal descubrimiento de la estructura del ADN (la «doble hélice»), que fue inmediatamente reconocido como uno de los grandes acontecimientos científicos del siglo.

Sin embargo, la mayoría de ellos ignoraban por completo, que tan extraordinarios acontecimientos tenían lugar a pocos metros de la puerta de su vecina facultad, en laboratorios ante los que pasaban regularmente y en bares donde iban a tomar unas copas. No es que tales cuestiones no les fueran de interés, sino que quienes trabajaban en ellas no veían la necesidad de explicárselas, ya que ni hubiesen podido contribuir a su trabajo, ni siquiera comprendido exactamente cuáles eran sus dificultades.

También en los Estados Unidos se produjo una pequeña huida temporal en los años del maccarthysmo, y huidas políticas ocasionales mayores de la zona soviética (Hungría en 1956; Polonia y Checoslovaquia en 1968; China y la Unión Soviética a finales de los ochenta), así como un flujo constante de científicos de la Alemania Oriental a la Alemania Occidental.

Hubiéramos podido esperar que las ideologías del siglo XX glorificasen los logros de la ciencia, que son los logros de la mente humana, tal como hicieron las ideologías laicas del siglo XIX. Sin embargo, el aprovechamiento, conceptual y práctico de los avances tecnológicos del siglo XX, por parte de las ideologías religiosas y políticas, dista mucho de lo esperado. Hubiéramos podido esperar que se debilitase la resistencia de las ideologías religiosas tradicionales, que durante ese siglo (XIX) fueron los grandes reductos de resistencia a la ciencia, y ello no sólo porque el arraigo de las religiones tradicionales disminuyó durante todo el siglo, sino también porque la propia religión llegó a ser tan dependiente de la alta tecnología científica como cualquier otra actividad humana en el mundo desarrollado.

Un obispo, un chamán o un santón podían actuar a comienzos del siglo XX como si Galileo, Newton, Faraday o Lavoisier nunca hubieran existido, es decir, sobre la base de la tecnología del siglo XV y de aquella parte de la del siglo XIX que no plantease problemas de compatibilidad con la teología o los textos sagrados. Resultó cada vez más difícil hacerlo en una época en que el Vaticano se veía obligado a comunicarse vía satélite y a probar la

autenticidad de la sábana santa de Turín mediante la datación por radiocarbono, en que el Ayatolá Jomeini difundía sus mensajes en Irán mediante grabaciones magnetofónicas, y cuando los estados que seguían las leyes coránicas trataban de equiparse con armas nucleares.

La aceptación de facto de la ciencia contemporánea más elevada, a través de la tecnología que dependía de ella era tal, que en la ciudad de Nueva York de fin del siglo XX, las ventas de equipos electrónicos y fotográficos de alta tecnología eran en buena medida la especialidad del jasidismo, una rama oriental del judaísmo mesiánico conocida sobre todo por su extremo ritualismo y por su insistencia en llevar una indumentaria semejante a la de los polacos del siglo XVIII, y por preferir la emoción extática a la investigación intelectual. En algunos aspectos, la superioridad de la «ciencia» era aceptada incluso oficialmente. Los fundamentalistas protestantes estadounidenses, que rechazaban la teoría de la evolución por ser contraria a las sagradas escrituras, ya que según éstas el mundo tal como lo conocemos fue creado en seis días, exigían que la enseñanza de la teoría darwinista se sustituyese o, al menos, se compensase, con la enseñanza de lo que ellos describían como «ciencia de la creación».

El régimen nazi y el comunista soviético, pese a todas sus diferencias, compartían la creencia de que sus ciudadanos debían aceptar una «doctrina verdadera», pero una que fuese formulada e impuesta por las autoridades seculares político-ideológicas. De aquí que la ambigüedad y la desazón ante la ciencia que tantas sociedades experimentaban, encontrase su expresión oficial en esos dos estados, a diferencia de lo que sucedía en los regímenes políticos que eran agnósticos respecto a las creencias individuales de sus ciudadanos, como los gobiernos laicos habían aprendido a ser durante el siglo XIX.

De hecho, el auge de regímenes de ortodoxia seglar fue, un subproducto de la era de las catástrofes (guerras mundiales), y no duraron. En cualquier caso, el intento de sujetar a la ciencia en camisas de fuerza ideológicas tuvo resultados contraproducentes aun en aquellos casos en que se hizo seriamente (como en el de la biología soviética), o ridículos, donde la ciencia fue abandonada a su propia suerte, mientras se limitaban a afirmar la superioridad de la ideología (como sucedió con la física alemana y soviética).

A finales del siglo XX la imposición de criterios oficiales a la teoría científica volvió a ser practicada por regímenes basados en el fundamentalismo religioso. Sin embargo, la incomodidad general ante ella persistía, mientras iba resultando cada vez más increíble e incierta. Pero hasta la segunda mitad del siglo esta incomodidad no se debió al temor por los resultados prácticos de la ciencia.

Es verdad que los propios científicos supieron mejor y antes que nadie, cuáles podrían ser las consecuencias potenciales de sus descubrimientos. Desde que la primera bomba atómica resultó operativa, en 1945, algunos de ellos alertaron a sus jefes de gobierno acerca del poder destructivo que el mundo tenía ahora a su disposición. Sin embargo, la idea de que la ciencia equivale a una catástrofe potencial pertenece, esencialmente, a la segunda mitad del siglo: en su primera fase —la de la pesadilla de una guerra nuclear— corresponde a la era de la confrontación entre las superpotencias que siguió a 1945; en su fase posterior y más universal, a la era de crisis que comenzó en los setenta. Por el contrario, la era de las catástrofes, quizás porque frenó el crecimiento económico, fue todavía una etapa de complacencia científica acerca de la capacidad humana de controlar las fuerzas de la naturaleza o, en el peor de los casos, acerca de la capacidad por parte de la naturaleza de ajustarse a lo peor que el hombre le podía hacer. Por otra parte, lo que inquietaba a los científicos era su propia incertidumbre acerca de lo que tenían que hacer con sus teorías y sus hallazgos.

Sin embargo, los científicos estaban más directamente politizados por sus bien fundadas creencias de que los legos, incluyendo a los políticos, no tenían ni idea del extraordinario potencial que la ciencia moderna, adecuadamente empleada, ponía en manos de la sociedad humana. Y tanto el colapso de la economía mundial como el ascenso de Hitler, parecieron confirmarlo de modos distintos. Por el contrario, la devoción marxista oficial de la Unión Soviética y su inclinación hacia las ciencias naturales, engañó a muchos científicos occidentales de la época, haciéndoles creer que era un régimen adecuado para realizar el potencial de la ciencia moderna.

La tecnocracia y el radicalismo convergieron porque, en este punto era la izquierda política, con su compromiso ideológico con la ciencia, el racionalismo y el progreso (ridiculizado por los conservadores mediante un neologismo, el «cientificismo»), la que representaba naturalmente el reconocimiento y el respaldo adecuados para «la función social de la ciencia», por citar el título de un libro-manifiesto de gran influencia en esa época (Bernal. 1939), escrito por un físico marxista brillante y militante. También es significativo que el gobierno del Frente Popular francés de 1936 - 1939 creara la primera subsecretaría de investigación científica dirigida por Irene Joliot-Curie, (galardonada con el Nobel e hija de Marie Curie, quien la crió con el legado de que se debe trabajar seriamente, ser independiente y no pasar la vida simplemente divirtiéndose, pero nunca que la ciencia era la única carrera que merecía seguir) y desarrollase lo que aún hoy es el principal mecanismo de subvención

de la investigación francesa, el CNRS, Centre National de la Recherche Scientifique. En realidad, cada vez resultaba más evidente, por lo menos para los científicos, que la investigación no sólo necesitaba fondos públicos, sino también una organización pública. Los servicios científicos del gobierno británico, que en 1930 empleaban en su conjunto a un total de 743 científicos, eran insuficientes (treinta años después daban empleo a más de 7. 000) (Bernal, 1967, p. 931).

La etapa de la ciencia politizada alcanzó su punto álgido en la segunda guerra mundial, desde el primer conflicto mundial en que los científicos fueron movilizados de forma sistemática y centralizada con fines militares, con mayor eficacia, probablemente, por parte de los aliados que por parte de Alemania, Italia y Japón, porque los aliados no pretendían ganar la guerra rápidamente con los métodos y los recursos de que disponían en aquel momento.

Trágicamente, la guerra atómica resultó ser hija del antifascismo. Una simple guerra entre estados-nación no hubiera movido a la flor y nata de los físicos nucleares, gran parte de ellos refugiados o exiliados del fascismo, a incitar a los gobiernos británico y estadounidense a que construyeran la bomba atómica. Y el mismo horror de estos científicos cuando la lograron, sus esfuerzos de última hora para evitar que los políticos y militares la usasen, y su posterior resistencia a la construcción de la bomba de hidrógeno, muestran la fuerza de las pasiones políticas.

En realidad, el apoyo que las campañas antinucleares impulsadas tras la segunda guerra mundial encontraron entre la comunidad científica, lo recibieron de los miembros de las politizadas generaciones antifascistas. Al mismo tiempo, la guerra acabó de convencer a los gobiernos de que dedicar recursos, inimaginables hasta entonces, a la investigación científica era factible y esencial para el futuro. Ninguna economía, excepto la de los Estados Unidos, podía haber reunido dos mil millones de dólares (al valor de los tiempos de guerra) para construir la bomba atómica en plena conflagración. Pero también es verdad que ningún gobierno, antes de 1940, hubiera soñado en gastar ni siquiera una pequeña fracción de todo ese dinero en un proyecto hipotético, basado en los cálculos incomprensibles de unos académicos melenudos.

Después de la guerra sólo el cielo o, mejor dicho, la capacidad económica fue el límite del gasto y de los empleos científicos de los gobiernos. En los años setenta el gobierno estadounidense sufragaba los dos tercios de los costes de la investigación básica que se desarrollaba en su país, que en aquel tiempo sumaban casi cinco mil millones de dólares

anuales, y daba trabajo a casi un millón de científicos e ingenieros (Holton, 1978, pp. 227-228).

La “temperatura” política de la ciencia bajó después de la segunda guerra mundial. Entre 1947 y 1949 el radicalismo experimentó un rápido descenso en los laboratorios, cuando opiniones que en otros lugares se consideraban extrañas e infundadas se convirtieron en obligatorias para los científicos de la Unión Soviética. Incluso los comunistas leales encontraban imposible de tragar el «lysenkoísmo» (biología soviética de Lysenko). Además, cada vez fue más evidente que los regímenes que seguían el modelo soviético carecían de atractivo material y moral, al menos para la mayoría de los científicos.

Por otra parte, y pese a la ingente propaganda realizada, la guerra fría entre Occidente y el bloque soviético nunca generó entre los científicos nada parecido a las pasiones políticas desencadenadas por el fascismo. Puede que ello se debiera a la tradicional afinidad entre los racionalismos, liberal y marxista, o a que la Unión Soviética, a diferencia de la Alemania nazi, nunca pareció estar en situación de conquistar Occidente, ni aunque se lo hubiese propuesto, lo cual era muy dudoso. Para la mayor parte de los científicos occidentales la Unión Soviética, sus satélites y la China comunista eran percibidos como malos estados, cuyos científicos eran dignos de compasión, más que imperios del mal contra los que hubiera que hacer una cruzada.

En el mundo occidental desarrollado, las ciencias naturales y la ingeniería permanecieron política e ideológicamente inactivas durante una generación, disfrutando de sus logros intelectuales y de los vastos recursos de que ahora disponían para sus investigaciones. De hecho, el magnánimo patrocinio de los gobiernos y de las grandes empresas, alentó a un tipo de investigadores que no discutían la política de quienes les pagaban y preferían no pensar en las posibles implicaciones de sus trabajos, especialmente cuando pertenecían al ámbito militar. A lo sumo, los científicos de estos sectores protestaban por no poder publicar los resultados de sus investigaciones.

De hecho, la mayoría de los componentes de lo que en ese momento era el enorme ejército de doctores en física contratados por la NASA (National Aeronautics and Space Administration), fundada como respuesta al reto soviético de 1958, no tenían mayor interés en conocer las razones que orientaban sus actividades que los miembros de cualquier otro ejército. A fines de los años cuarenta todavía había hombres y mujeres que se torturaban con el dilema de si entrar o no en los centros gubernamentales especializados en investigaciones

de guerra química y biológica. No parece que posteriormente hubiera dificultades para reclutar personal para estos puestos.

Un tanto inesperadamente, fue en la zona de influencia soviética donde la ciencia se politizó más a medida que avanzaba la segunda mitad del siglo. No era una casualidad que el portavoz nacional (e internacional) de la disidencia soviética fuese un científico, Andrei Sajarov (1921-1989), el físico que había sido el principal responsable de la construcción, a fines de los años cuarenta, de la bomba de hidrógeno soviética. Los científicos eran miembros por excelencia de la amplia nueva clase media profesional, instruida y técnicamente preparada, que era el principal logro del sistema soviético, al mismo tiempo que la clase más consciente de sus debilidades y limitaciones. Eran mucho más necesarios para el sistema que sus colegas occidentales, ya que eran tan sólo ellos los que hacían posible que una economía atrasada en muchos aspectos pudiese enfrentarse a los Estados Unidos como una superpotencia. Y demostraron que eran indispensables al permitir que la Unión Soviética adelantase durante un tiempo a Occidente en la tecnología más avanzada: la espacial.

El primer satélite construido por el hombre (Sputnik, 1957), el primer vuelo espacial tripulado por hombres y mujeres (1961, 1963) y los primeros paseos espaciales fueron rusos. Concentrados en institutos de investigación o en «ciudades científicas», unidos por su trabajo, apaciguados y disfrutando de un cierto grado de libertad concedido por el régimen post-estalinista, no es sorprendente que surgieran opiniones críticas en ese ámbito investigador, cuyo prestigio social era, en todo caso, mucho mayor que el de cualquier otra ocupación en la sociedad soviética.

¿Puede decirse que estas fluctuaciones en la “temperatura” política e ideológica afectaron al progreso de las ciencias naturales y la ingeniería? Mucho menos de lo que afectaron a las ciencias humanas y sociales, por no hablar de las ideologías y filosofías. Las ciencias naturales y la ingeniería podían reflejar el siglo en que vivían los científicos tan sólo dentro de los confines de la metodología empírica que, en una época de incertidumbre epistemológica, se generalizó necesariamente: la de la hipótesis verificable —o, en términos de Karl Popper (1902-1994), falseable— mediante pruebas prácticas. Esto imponía límites a su ideologización.

La economía, aunque sujeta a exigencias de lógica y consistencia, ha florecido como una especie de teología — probablemente como la rama más influyente de la teología secular, en el mundo occidental— porque normalmente se puede formular, y se formula, en unos términos que le permiten rehuir el control de la verificación. La física no puede

permitírselo. Así, mientras que en el ámbito de la economía se puede demostrar que las escuelas en conflicto y el cambio de las modas del pensamiento económico son fiel reflejo de las experiencias y del debate ideológico contemporáneo, esto no sucede en el ámbito de la cosmología.

Pese a todo, la ciencia y la ingeniería se hicieron eco de su tiempo, aunque es innegable que algunos movimientos científicos importantes son endógenos. Así, era prácticamente inevitable que la desordenada proliferación de partículas subatómicas, especialmente tras la aceleración experimentada en los años cincuenta, condujese a los científicos a buscar simplificación.

La arbitraria naturaleza de la nueva, e hipotéticamente «última», partícula de la que se decía ahora que estaban compuestos los protones, neutrones, electrones y demás, queda reflejada en su mismo nombre, quark, término tomado de la novela de James Joyce (1963) *Finnegan's Wake*. Éste fue muy pronto dividido en tres o cuatro subespecies (con sus «antiquarks»), descritas como up, down, sideways o strange, y quarks con charm, cada una de ellas dotada de una propiedad llamada «color». Ninguna de estas palabras tenía nada que ver con sus significados comunes. Como de costumbre, a partir de esta teoría se hicieron predicciones acertadas, encubriendo así el hecho de que, en los noventa, no se ha encontrado ningún tipo de evidencia experimental que avale la existencia de quarks de ningún tipo.

Si estos nuevos avances constituían una simplificación del laberinto subatómico o, por el contrario, un aumento de su complejidad, es algo que debe dejarse al juicio de los físicos capacitados para ello. Sin embargo, el observador lego escéptico, aunque admirado, puede recordar a veces los titánicos esfuerzos intelectuales y las dosis de ingenio empleadas a fines del siglo XIX para mantener la creencia científica en el «éter», antes de que los trabajos de Planck y Einstein lo relegaran al museo de las pseudoteorías junto al «flogisto»

La misma falta de contacto de estas construcciones teóricas con la realidad que intentan explicar (excepto en calidad de hipótesis falseable) las abrió a las influencias del mundo exterior. ¿No era lógico que, en un siglo tan dominado por la tecnología, las analogías mecánicas contribuyeran a conformarlas, aunque esta vez en la forma de técnicas de comunicación y control en los animales y las máquinas, que desde 1940 han generado un corpus teórico conocido bajo varios nombres (cibernética, teoría general de sistemas, teoría de la información, etc.)? Ponemos como ejemplo las palabras de Rosalind Franklin, “La ciencia y la vida cotidiana no pueden ni deben separarse”. Los computadores electrónicos, que se desarrollaron a una velocidad de vértigo después de la segunda guerra mundial,

especialmente tras la invención del transistor, tenían una enorme capacidad para hacer simulaciones, lo que hizo mucho más fácil que antes, desarrollar modelos mecánicos de las que, hasta entonces, se consideraban las funciones físicas y mentales básicas de los organismos, incluyendo el humano. Los científicos de fines del siglo XX hablaban del cerebro si éste fuese esencialmente un elaborado sistema de procesamiento de información, y uno de los debates filosóficos habituales de la segunda mitad del siglo era si se podía, y en tal caso cómo, diferenciar la inteligencia humana de la «inteligencia artificial»; es decir, qué es lo que había —si lo había— en la mente humana que no fuese programable en teoría en un ordenador.

Es indudable que estos modelos tecnológicos han hecho avanzar la investigación. ¿Dónde estaría el estudio de la neurología —esto es, el estudio de los impulsos eléctricos nerviosos— sin los de la electrónica? No obstante, en el fondo estas resultan ser unas analogías reduccionistas, que un día probablemente parecerán tan desfasadas como nos lo parece ahora la descripción que se hacía en el siglo XVIII del movimiento humano en términos de un sistema de poleas.

Estas analogías fueron útiles para la formulación de modelos concretos. Sin embargo, más allá de éstos, la experiencia vital de los científicos había de afectar a su forma de mirar a la naturaleza. El Siglo XX, ha sido un siglo en el cual, por citar a un científico que reseñaba la obra de otro, «el conflicto entre gradualistas y catastrofistas impregna la experiencia humana» (Jones, 1992, p. 12). Y, por ello, no es sorprendente que haya impregnado también la ciencia.

En un siglo XIX de mejoras y progreso burgués, la continuidad y el gradualismo dominaron los paradigmas de la ciencia. Fuera cual fuese el sistema de locomoción de la naturaleza, no le estaba permitido avanzar a saltos. El cambio geológico y la evolución de la vida en la tierra se habían desarrollado sin catástrofes, poco a poco. Incluso el previsible final del universo, en algún futuro remoto, sería gradual, mediante la perceptible pero inexorable transformación de la energía en calor, de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica (la «muerte térmica del universo»). La ciencia del siglo XX ha desarrollado una imagen del mundo muy distinta.

Es innegable que, todo lo que tiene que ver con la tecnología espacial comenzó como resultado de las contiendas ideológicas de la guerra fría. Decisiones políticas de E.E.U.U. y la U.R.S.S. originaron inversiones cuantiosas, solo con la finalidad de mostrar cual ideología era la mejor desarrollando tecnología. Doctores en ciencias naturales y de

Ingeniería con presupuestos ilimitados para, primero poner un hombre en órbita terrestre, luego que su estadía allí sea prolongada y luego llegar a la luna. Algunos opinan que fueron gastos innecesarios, que podían haberse invertido todos esos presupuestos en combatir enfermedades, el hambre, la pobreza mundial, pero resulta que todos esos desarrollos fueron hechos por países específicos, no fue realizado por todos los países unidos. La otra opción era la catástrofe nuclear y para ellos no era ni el último recurso.

La tecnología para salir al espacio generó toda una serie de instrumentos, equipos, herramientas, desarrollos logísticos, que fueron aprovechados por las industrias terrestres como la automotriz, aeronáutica, naval, calzado, textil y que trajo una mejora en la calidad de vida de los seres humanos. Inspiró la cooperación de países para realizar proyectos en conjunto, con empresas de esos países que fabricaban las diferentes partes, ensamblándolas y lanzando la carga útil también en conjunto, como la Unión Europea. Países como China y Japón también incursionaron en este aspecto.

Es importante darse cuenta de las potencialidades que existen en el espacio fuera del planeta. La formación del sistema solar generó asteroides que están constituidos por un solo material, como níquel o hierro. Marte mismo, es rojo porque está constituido, en su mayor parte, de hierro. Las condiciones de micro gravedad son un ambiente especial para la fabricación de materiales que no podrían fabricarse en la Tierra, como por ejemplo, las pantallas táctiles, que son de un material denominado inteligente. Se realizan experimentos con peces e insectos, además de plantas, todo eso con la intención de poblar la Luna y Marte en el mediano plazo. La Estación Espacial Internacional (ISS, siglas en inglés) es un centro de investigación a 600 Km de la superficie terrestre, donde se buscan nuevos materiales, nuevos artefactos, como afecta el ambiente de micro gravedad a los seres humanos.

Estas investigaciones las realizan aspirantes a doctores en ciencias naturales o en Ingeniería, o son llevadas a cabo por doctores de universidades de los países que montaron los módulos de la Estación o en colaboración con países distintos, que han incursionado en algún tema que requiera un ambiente en la EEI (siglas en español), puede incluirse, buscando el apoyo de alguno de los países que poseen un módulo en la EEI para que ellos realicen el experimento o que incluyan al investigador en la tripulación para que sea él, el que realice las experiencias.

Existe el planteamiento serio de viajes a la luna y habitar Marte, es más, los viajes interestelares también están considerados, la limitación es la propulsión y la fuente de energía. La relatividad de Einstein presenta al espacio como una especie de sábana que se

pliega en presencia de un objeto masivo, se está estudiando un motor que sea capaz de comprimir el espacio que está en frente de la nave y que expanda el espacio que está en la parte de atrás y envolviendo a la nave en una burbuja que permita estabilizar un sistema inercial dentro de la nave. Los estudiosos de esto la denominan concha WARP, claro que todo esto parece una historia de ciencia ficción, pero a finales del siglo XIX, Julio Verne publicó novelas con submarinos, cohetes que iban a la luna y que ahora son parte de los artefactos de este siglo. Considero que la mayor limitación que tiene la ingeniería es la imaginación de los ingenieros que trabajan en ella. Conscientes de ello, debemos esperar desarrollos culturales de los seres humanos influidos por el objeto planetario donde se encuentran, el desarrollo de cosas según las dificultades que tengan que enfrentar.

La ingeniería, luego de todas sus contribuciones a la sociedad, puede ser llamada ciencia, y ser capaz de tener una función social distinta a la ciencia natural, ya que desde el punto de vista filosófico, la ciencia natural busca el conocimiento escondido en la naturaleza, pero la ingeniería utiliza esas propiedades encontradas en la investigación científica para fabricar artefactos, instrumentos y equipos que la hacen poseer una filosofía que se denomina de la tecnología, ya que el artefacto es hecho por los seres humanos y no por la naturaleza, su ontología la define su creador. Aunque este planteamiento ha traído muchos debates religiosos, es innegable la necesidad de los artefactos para confort y bienestar de las sociedades. La ingeniería posibilita que la sociedad entre a la etapa de industrialización, la cual no se llega importando industrias o productos de otras sociedades. Los ingenieros no hacen cambios sociales, pero su actividad los logra.

7.1 GESTIÓN TECNOLÓGICA

Parafraseando a Michel Lacave (1.991), una de las ideas más predominantes en el mundo actual, es que el capital intelectual, es la materia prima por excelencia y que, por lo tanto, favorecer al máximo la “fertilización cruzada” entre el mundo académico y el mundo de la producción, con el objeto de disminuir el plazo de transferencia de los resultados de las investigaciones hacia las empresas. Se considera que la valorización del potencial científico y tecnológico presente en las universidades y en los diferentes organismos de investigación y de enseñanza superior, constituye un medio privilegiado para aumentar el valor agregado y para mejorar la competitividad de una economía.

Los medios que se utilizan para lograrlo son diversos, pero en su conjunto, complementarios, partiendo del más sencillo al más complejo, tenemos:

- La creación de una unidad o de un servicio de evaluación o de transferencia de tecnología, que opere dentro de la misma institución.
- La instalación de centros de transferencia de tecnología, de preferencia sectorial, en los que se asocie a los investigadores y a los industriales, en el seno de una estructura jurídicamente autónoma.
- La creación de un Parque Científico, llamado también Parque Tecnológico o Tecnópolis, que supone una inversión financiera e inmobiliaria, así como la instalación, en todos los casos de una estructura de sociedad y de transferencia entre la Universidad y la Empresa.

Los primeros complejos de alta tecnología que sirvieron de modelo para los parques científicos, aparecieron espontáneamente en Estados Unidos a finales de la década de los 50 y a principios de los años 60, con el Silicon Valley de California y la Ruta 128 cerca de Boston. En Europa, los primeros parques aparecieron a finales de los 60 en el Reino Unido, con el Parque científico de Cambridge y Heriot - Watt (Escocia); en Francia, con la Zona industrial de Investigación Científica y Técnica de Grenoble - Meylan y el Sophia - Antipolis. Luego de estos ejemplos, este fenómeno prácticamente se detuvo durante varios años, antes de que se manifestara a partir de los años 80, una ola masiva de creación de parques científicos, donde actualmente hay más de 400 en el mundo.

Personas que han reflexionado sobre este fenómeno han planteado las siguientes razones:

La crisis posterior al conflicto petrolero; aún cuando el término crisis no sea verdaderamente el más apropiado; la modernización del aparato productivo se convirtió en un imperativo fundamental y desencadenó en una serie de países, a finales de los años 70 y principios de los 80, la implementación de políticas públicas para la innovación y la transferencia de tecnología.

En términos generales, la dependencia creciente de las actividades productoras de bienes y servicios, en relación con la investigación y desarrollo. Con o sin crisis petrolera, era inevitable que se desarrollara la interface investigación – industria, la crisis petrolera sirvió de elemento detonador y aceleró el movimiento.

La creciente contradicción entre las economías, cada vez más transnacionales, por un lado, y las políticas nacionales de regulación macroeconómica de tipo Keynesiano, por el otro. Estas últimas, progresivamente menos pertinentes con respecto a las primeras. Este fenómeno abrió el camino al fortalecimiento del papel de los poderes locales, confrontados a las reestructuraciones industriales a menudo dolorosas (desempleo) provocadas por las nuevas condiciones de productividad y por los nuevos parámetros mundiales. Frente a la impotencia, al menos relativa, de los gobiernos nacionales, los poderes locales, especialmente en Europa Occidental, se vieron obligados a buscar las soluciones por sí mismos y, la creación de los parques industriales, surgió a menudo como una solución privilegiada.

“No censuro que nos informemos mirando al prójimo ejemplar al contrario, hay que hacerlo, pero sin que ello pueda eximirnos de resolver luego nosotros originalmente nuestro propio destino. Con esto no digo que hay que ser castizo y demás zarandajas. Aunque, en efecto, fuésemos todos –hombres o países- idénticos, sería funesta la imitación. Porque al imitar, eludimos aquel esfuerzo creador de lucha con el problema que puede hacernos comprender el verdadero sentido y los límites o defectos de la solución que imitamos” (Ortega y Gasset, 1930).

Toda creación histórica –ciencia, política- proviene de cierto espíritu o modalidad de la mente humana. Esa modalidad aparece con una pulsación o ritmo fijo –con cada generación. Una generación, emanando de su espíritu, crea ideas, valoraciones, etc. El que imita esas creaciones tiene que esperar a que estén hechas, es decir, a que concluya su faena la generación anterior, y adopta sus principios cuando empieza a decaer y otra nueva generación inicia ya su reforma, el reino de un nuevo espíritu. Cada generación lucha, digamos, por unos quince años para vencer y tiene vigencia sus modos, digamos otros quince años.

En la universidad reciben la enseñanza superior todos los que hoy la reciben.

a.- La enseñanza de las profesiones intelectuales.

b.- La investigación científica y la preparación de futuros investigadores.

La universidad enseña a ser médico, ingenieros, farmacéutico, abogado, juez, notario, economista, administrador público, profesor de ciencias y de letras en la segunda enseñanza, etc. Además, en la universidad se cultiva la ciencia misma, se investiga y se enseña a ello.

La enseñanza universitaria nos aparece integrada por estas tres funciones:

I.- Transmisión de la cultura.

II.- Enseñanza de las profesiones.

III.- Investigación científica y educación de nuevos hombres de ciencia.

Parafraseando a Ortega y Gasset, puede decirse que: Ciencia no es cualquier cosa. No es ciencia comprarse un microscopio o barrer un laboratorio; pero tampoco lo es explicar o aprender el contenido de una ciencia. En su propio y autentico sentido, ciencia es solo investigación: plantearse problemas, trabajar en resolverlos y llegar a una solución. En cuanto se ha arribado a esta, todo lo demás que con esta solución se haga ya no es ciencia. Por eso no es ciencia aprender una ciencia ni enseñarla, como no es usarla ni aplicarla.

Si resumimos el sentido de las relaciones entre profesión y ciencia, nos encontramos con algunas ideas claras. Por ejemplo, que la medicina no es ciencia. Es precisamente una profesión, una actividad práctica. Como tal, significa un punto de vista distinto del de la ciencia. Se propone curar o mantener la salud de la especie humana. A este fin echa mano de cuanto parezca a propósito: entra en la ciencia y toma de sus resultados cuanto considere eficaz, pero deja el resto. Deja de la ciencia sobre todo lo que es más característico: la fruición por lo problemático.

No confundamos, pues, la ciencia, al entrar en la profesión, tiene que desarticularse como ciencia, para organizarse, según otro centro y principio, como técnica profesional. Y esto es así, también debe tenerse en cuenta para la enseñanza de las profesiones.

El hombre no puede vivir sin reaccionar ante el aspecto primerizo de su contorno o mundo, forjándose una interpretación intelectual de él y de su posible conducta en el. Esta interpretación es el repertorio de convicciones o ideas sobre el universo y sobre sí mismo a que no puede faltar en vida ninguna.

La casi totalidad de esas convicciones o “ideas” no se las fabrica el individuo, como Robinson Crusoe en su isla, sino que las recibe de su medio histórico, de su tiempo. En este, se dan, naturalmente, sistemas de convicciones muy distintos. Unos son supervivencia herrumbrosa y torpe de otros tiempos. Pero hay siempre un sistema de ideas vivas que representa el nivel superior del tiempo, un sistema que es plenamente actual. Ese sistema es la cultura. Quien quede por debajo de él, quien viva de ideas arcaicas, se condena a una vida menor, más difícil, penosa y tosca. Es el caso del hombre o del pueblo, incultos. Su existencia va en carreta, mientras a la vera pasan otras en poderosos automóviles. Tiene aquella una idea del mundo menos certera, rica y aguda que estas. Al quedar el hombre bajo el nivel vital de su tiempo, se convierte en un infrahombre.

En nuestra época, el contenido de la cultura viene, en su mayor parte de la ciencia. Pero lo dicho basta para hacer notar que la cultura no es la ciencia. El que hoy se crea más que en nada en la ciencia no es a su vez un hecho científico, sino una fe vital, por tanto una convicción característica de nuestra cultura. Hace quinientos años se creía en los concilios, y el contenido de la cultura emanaba en buena porción de ellos. La cultura, pues, hace con la ciencia lo mismo que hacia la profesión. Espuma de aquella lo vitalmente necesario para interpretar nuestra existencia. Hay pedazos enteros de la ciencia que no son cultura, sino pura técnica científica. Viceversa: la cultura necesita, por fuerza, quíerese o no poseer una idea completa del mundo y del hombre, no le es dado detenerse, como la ciencia, allí, donde los métodos del absoluto rigor teórico casualmente terminan. La vida no puede esperar a que las ciencias expliquen científicamente el universo. El atributo más esencial de la existencia es su perentoriedad: la vida es siempre urgente. Se vive aquí y ahora sin posible demora ni traspaso. La vida nos es disparada a quemarropa. Ya la cultura, que no es sino su interpretación, no puede tampoco esperar.

Esto confirma su diferencia de las ciencias. De la ciencia no se vive. Si el físico tuviese que vivir de las ideas de su física, estad seguros de que no se andaría con remilgos y no esperaría a que dentro de cien años complete otro investigador las observaciones que él ha iniciado. Renunciaría a una solución total exacta y completaría con anticipaciones aproximadas o verosímiles lo que falta aún, lo que faltará siempre, al riguroso cuerpo doctrinal de la física.

El régimen interior de la actividad científica no es vital, el de la cultura sí. Por eso, a la ciencia la traen sin cuidado nuestras urgencias y sigue sus propias necesidades. Por eso se especializa y diversifica indefinidamente, por eso no acaba nunca. Pero la cultura va regida por la vida como tal, y tiene que ser en todo instante un sistema completo, integral y claramente estructurado. Es ella el plano de la vida, la guía de caminos por la selva de la existencia. Cuando nos hallamos en una situación difícil, confusa, nos parece tener delante una selva tupida, enmarañada y tenebrosa, por donde no podemos caminar, so pena de perdernos. Alguien nos explica la situación con una idea feliz, y entonces sentimos en nosotros una súbita iluminación. Es la luz de la evidencia. La maraña nos parece ahora ordenada, con líneas claras de estructuras, que semejan caminos francos abiertos en ella. De ahí que vayan juntos los vocablos método e iluminación, ilustración. Lo que hoy llamamos “hombre culto”, hace no más de un siglo se decía “hombre ilustrado”, esto es, hombre que ve a plena luz los caminos de la vida. La cultura es un menester imprescindible de toda vida, es

una dimensión constitutiva de la existencia humana, como las manos son un atributo del hombre. El hombre que no vive a la altura de su tiempo, vive por debajo de lo que sería su auténtica vida, es decir, falsifica o estafa su propia vida, la desvive.

El hombre común, vive de subterfugios con que se miente a sí mismo, fingiéndose en torno a un mundo muy simple y arbitrario, a pesar de que la conciencia vital le hace constar a gritos que su verdadero mundo, el que corresponde a la plena actualidad, es enormemente complejo, preciso y exigente. Pero tiene miedo, el hombre medio es muy débil, a despecho de sus gesticulaciones matonescas, tiene miedo de abrirse a ese mundo verdadero, que exigiría mucho de él, y prefiere falsificar su vida reteniéndola hermética en la cápsula donde se siente protegido en su mundo ficticio y simplicísimo. De aquí la importancia histórica que tiene, devolver a la Universidad su tarea central de “ilustración” del hombre, de enseñarle la plena cultura del tiempo, de descubrirle con claridad y precisión, el gigantesco mundo presente, donde tiene que encajar su vida para ser auténtica.

La universidad es distinta, pero inseparable de la ciencia. La universidad es, además, ciencia. Pero no un además cualquiera y a modo de simple añadido y externa juxtaposición, sino que, ahora podemos, sin temor a confusión, pregonarlo. La universidad tiene que ser antes que Universidad, ciencia. Una atmósfera cargada de entusiasmos y esfuerzos científicos es el supuesto radical para la existencia de la Universidad. Precisamente porque esta no es, por sí misma, ciencia –creación omnímoda del saber riguroso- tiene que vivir de ella, sin este supuesto, cuánto va dicho en este ensayo carecería de sentido. La ciencia es la dignidad de la Universidad, más aun – porque, al fin y al cabo, hay quien vive sin dignidad- es el alma de la Universidad, el principio mismo que le nutre de vida e impide que sea solo un vil mecanismo. Todo esto va dicho en la afirmación de que la Universidad es, además, ciencia. No solo necesita contacto permanente con la ciencia, so pena de anquilosarse. Necesita también contacto con la existencia pública, con la realidad histórica, con el presente, que es siempre un *integrum* y solo se puede tomar en totalidad y sin amputaciones *ad usum delphinis*. La Universidad debe estar también abierta a la plena actualidad, más aun, tiene que estar en medio de ella, sumergida en ella.

El papel del estado es, necesariamente, un papel de primer plano. La iniciativa de creación de parques científicos no puede ser asumida por los poderes locales, generalmente débiles, por el contrario, ciertas universidades, sin lugar a dudas, están preparadas para lanzar y apoyar estas operaciones, interviniendo sin embargo el estado por un lado, como coordinador a escala nacional, y por el otro, para implementar una política nacional que incite

a la transferencia de tecnología, lo cual es indispensable para el éxito de los parques científicos.

Los parques científicos deben ser concebidos como herramientas integradas del desarrollo económico regional, y a veces, del nacional, en ellos deben considerarse el desarrollo de la cooperación científica internacional, fomentar la transferencia de tecnología, aplicar una “pedagogía” de la empresa, crear y mantener redes de asociaciones, asegurar un apoyo financiero y mobiliario de calidad.

CAPITULO VIII

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN EN INGENIERIA

Un aspecto interesante es que, la ciencia natural y la ingeniería han sido consideradas siamesas, pero la ingeniería ha alcanzado un volumen tal de conocimientos y una madurez epistemológica que la hace en condiciones de ser considerada una ciencia con su propia metodología y hasta su propia taxonomía. Y eso tiene que ver con el producto de la investigación, el cual, en la mayoría de los casos, es un artefacto, cuya estructura es un conjunto de piezas enlazadas y conectadas de varias maneras, que hacen que el artefacto funcione para una aplicación específica. Por ejemplo, el motor a vapor construido por J. Watt y financiado por Boulton, se logró gracias a la colocación de la válvula reguladora de vapor. Había que entender el fenómeno termodinámico para pensar en la necesidad de ese dispositivo.

Y así sucede con cualquier artefacto, es un conjunto de piezas que cumplen con fenómenos físicos y químicos específicos, que empalmados y conectados entre sí logran que funciones para el requerimiento que se necesite. Es de allí que surge el término de ciencia aplicada, pero hilvanar las ideas desde el punto de vista de la Filosofía de la ciencia natural no es suficiente, pues esas investigaciones tienen como finalidad encontrar modelos que expliquen fenómenos físicos, químicos y biológicos, además, se concluye con un informe que permita su publicación y engrosar el conocimiento de la naturaleza, pero resulta que, en ingeniería, históricamente, se ha restringido la publicación en muchos casos por el carácter estratégico de los resultados.

Para que el ingeniero pueda enfrentar sus investigaciones y ser competente en su profesión, debe estar al tanto de las diferentes investigaciones en ciencias naturales y sociales, ya que debe enfrentar, no solo fenómenos naturales asociados al artefacto, sino también problemas sociales asociados a los procesos de producción y de las repercusiones y consecuencias del uso de ese artefacto o producto en la sociedad. De allí que sus investigaciones de desarrollan fundamentadas en la Filosofía de la Tecnología. Pasamos entonces a explicar cada uno de los métodos de investigación que los ingenieros deben conocer para ser eficientes en su profesión.

8.1- INVESTIGACIONES EN CIENCIAS NATURALES

La reflexión sobre la ciencia natural comenzó con Aristóteles, en su libro Física (Siglo V A.C.) hace referencia a la indagación de los principios de esa ciencia, para poder comprender más exactamente su naturaleza. “Puesto que, en toda clase de investigaciones en que hay principios, causas o elementos, el conocimiento y la ciencia se consiguen precisamente cuando uno ha penetrado o comprendido estos principios, causas o elementos...resulta claro que, en la ciencia de la naturaleza es necesario intentar definir, desde el comienzo todo cuanto dice relación con los principios”.(Fis. Lib.1 cap. 1, 184 a). Claro que esta contribución fue para extraer el pensamiento científico del pensamiento místico, denominándolo pensamiento epistémico, sin embargo, no ofrecía una línea clara de cómo hilvanar las ideas en el transcurrir de la investigación

Tomás de Aquino (1400 D.C.) publicó su tratado sobre la piedra filosofal y fue una manera de adaptar la física de Aristóteles a las escrituras de la Biblia. Este tratado le dio oficialidad religiosa a Aristóteles, dándole fundamento teológico, pero eso era entrar en una contradicción epistemológica, aunque en aquella época no se buscaba la verificación de los planteamientos sino aceptar el “acto de fe”.

Luego del renacimiento de las Ideas Clásicas sobre la naturaleza, que puede decirse arranca con *De revolutionibus orbium coelestium* (1543) de Nicolás Copérnico, se sucede una visión dinámica de la realidad que se sustenta en la experimentación y en la revalidación del método científico como fuente de conocimiento. Los principales referentes teóricos de la ciencia moderna son Francis Bacon padre del empirismo filosófico y científico; con su obra *Novum organum* (1620), Galileo Galilei quien presenta la ciencia como técnica, experimental e inductiva, capaz de dar al ser humano el dominio sobre la naturaleza, Rene Descarte con su *Discurso del Método* (1637), que establece la importancia del racionalismo en la comprensión del mundo sin la intervención teológica, e Isaac Newton con sus *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) que sistematiza el método de la Física con el empleo de la matemática y la experimentación.

Fue Galileo Galilei quien planteó un método coherente y disciplinado de extraer información de la naturaleza, aunque le costó su libertad y el recelo de todos sus conciudadanos, debido a estar en contradicción con las escrituras y a la física de Aristóteles. Las autoridades eclesiásticas tenían miedo de resquebrajarse en su autoridad, pues la duda que trae consigo la explicación de un hecho de la naturaleza en términos distintos a la influencia divina hace perder credibilidad, y es a través de la opresión que se logra el

arrepentimiento y la conversión. Y la iglesia, luego del descubrimiento de América y la evidencia mostrada por Galileo de que La Tierra gira alrededor del sol, crearon el Santo Oficio de la Inquisición, congregación que se encargaba de todo aquello que atenta contra la fe, incluyendo realidades tangibles, pero contrarias a las escrituras. Galileo se salvó de morir a manos de la Inquisición, pero le dieron casa por cárcel y la prohibición de no escribir ningún otro libro. La investigación científica se convirtió en una actividad clandestina.

Sin embargo, no se detuvo la reflexión de la naturaleza. Los documentos dejados por Thico Brahe, Johanes Kepler y Galileo, ayudaron a Newton a estructurar su Ley de Gravitación Universal, planteamiento contundente que dio al método seguido por Galileo para saber que hay que buscar en la naturaleza. Descartes lo redactó en su Discurso del Método y tenemos ahora un método científico que nos orienta a buscar los conocimientos que están ocultos en la naturaleza.

Luego de la publicación de Descartes, comenzó el debate acerca de los fundamentos filosóficos de las investigaciones. La escuela anglosajona, Liderada por Hume, y seguida por Russell, Ayer y otros autores, se da univocidad entre gnoseología y epistemología, se tratan estos términos indistintamente. Se llega a establecer una identidad entre ambas ramas filosóficas, debido quizá a que no se le ha prestado atención al estudio etimológico profundo del GNOSEIN /conocer) y el EPISTEME-EPISTELOS (ciencia). En esta corriente filosófica, la epistemología estudia el conocimiento en general, y al mismo tiempo su objeto de estudio es el conocimiento científico, por lo que se ve, no se hace diferencia entre gnoseología-cuyo objeto de estudio es el conocimiento en general-y epistemología-cuyo objeto de estudio es únicamente el conocimiento científico.

La escuela francesa, ha estado más influenciada en el Siglo XX por la concepción genética del conocimiento de Piaget y, en sus estudios podemos encontrar una preocupación del origen y del desarrollo del conocimiento en los individuos, trabajándose con profundidad en lo que se puede denominar una psicología genética del conocimiento. La postura piagetiana deriva de filósofos anteriores como Comte y Carnot, este último, autor de un ensayo sobre los fundamentos del conocimiento. Justamente este aspecto nos hace pensar que estaríamos delante de un nuevo enfoque de la epistemología que estudia el conocimiento desde un punto de vista científico.

En la escuela americana, Mario Bunge (1985) nos presenta una visión novedosa de la epistemología, cuyo objeto de estudio no será únicamente el conocimiento científico sino

la ciencia en cuanto tal. Es una postura que sigue a la consideración de la existencia de una rama filosófica denominada filosofía de las ciencias.

Para poder explicar los fundamentos de la investigación que se está realizando, se debe especificar las dimensiones que la conforman, con la finalidad de desenmarañar el aspecto preciso del conocimiento que se busca.

Dimensión ontológica; del griego ontos, que significa ser y logos, que significa tratado: La ontología es la rama de la filosofía que trata del ser en cuanto ser como objeto de estudio (Ferrater Mora (2004) p. 2622) En esta dimensión tomaremos análogamente el término de ontología, para dar a entender que toda ciencia como sistema, tiene una naturaleza propia, por lo tanto es susceptible de una definición conceptual. En esta dimensión, el investigador responde a las preguntas: ¿De qué trata esta ciencia? ¿Cuál es su naturaleza? ¿Que estudia? ¿Cuál es su objeto de estudio? De este principio podemos derivar la conclusión de que toda ciencia tiene una naturaleza propia y objeto propio de estudio. No puede existir una ciencia determinada sin un objeto de estudio concreto. Ese objeto de estudio propio de una ciencia es un principio fundamental, que la ubica en un campo específico de la investigación científica. Por el objeto de estudio podemos esclarecer la naturaleza de la ciencia, y ubicarla como ciencia formal, natural o social. Así como en la ontología nos preguntamos qué es el ser, podremos en la ciencia preguntarnos: ¿Qué es esta ciencia?

Dimensión histórica: Cuando se trata de hacer una reflexión epistemológica de una ciencia la parte histórica es fundamental-ella nos ayudará a ubicarla en las dos categorías Kantianas del tiempo y el espacio.

Dimensión teleológica: Teleología, del griego: telos = fin y logos=tratado, la teleología surge como rama de la filosofía, desde los estudios que versaban sobre los fines (Wolf, 1679) dentro de la filosofía natural, que estudiaba las causas de las cosas para responder a la pregunta del: ¿por qué? De partida entonces se debe distinguir las causas, de los fines. El telos o finalidad estaba latente en este esquema, dentro de la causa final que sugería un propósito, que responda a la interrogante del ¿para qué? De tal manera que sobre la pregunta del: ¿para qué sirve esta ciencia determinada?, surgirán una serie de respuestas:

- explicativas
- descriptivas,
- motivacionales
- proyectivas.

Dimensión metodológica: La palabra metodología tiene raíces griegas: *odos* = camino, *logos* = tratado. Es un camino con respecto a un fin que deseamos conseguir. En el caso de las ciencias es un camino o instrumento que se emplea para realizar las investigaciones científicas. Es tan importante la cuestión del método científico, que las ciencias a veces se pueden clasificar según el método que usan, de allí nacerán la consideración de ciencias deductivas, o ciencias inductivas, o ciencias cualitativas.

Método abstracto deductivo: El primer método ideado en la historia de las ciencias ha sido el método deductivo, su creador fue el gran matemático griego Euclides (s IV AC) contemporáneo de Aristóteles creador de la lógica deductiva. Entre ambos fundamentan la primera de las ciencias con método y objeto propio, y que fuera concebido por Platón como la ciencia ejemplar, o ciencia primera: la matemática. Le llamamos abstracto porque su objeto versa sobre objetos abstractos, formas y formulas. En consecuencia, el método abstracto deductivo es propio de las ciencias formales como la matemática y la lógica.

Estructura del método deductivo (Afcha 1992, p. 25)

Axiomatización: Parte de determinados axiomas, considerados como principios que no requieren ser demostrados, por ser evidentes “*per se*”.

Postulación: Además de los axiomas señalados, existen los postulados matemáticos que son enunciados comprobados, proposiciones verdaderas.

Demostración: Es el meollo del método deductivo porque se trata de demostrar nuevos teoremas en base a la axiomatización y la postulación, siguiendo las correspondientes leyes y reglas de inferencia lógica.

Teorematización: El fruto de este método deductivo es la demostración de teoremas. Como se puede observar el camino a seguir es el deductivo y su finalidad es la demostración. Puede afirmarse que, la matemática, la lógica la filosofía y la teología tienen este carácter demostrativo, contrariamente a las ciencias naturales que no demuestran, sino muestran.

Método inductivo experimental: La aparición histórica de este nuevo método marca un segundo paradigma epistemológico en el aspecto metodológico de la Física. En efecto ella, estaba subordinada a la filosofía por buenos siglos desde Aristóteles hasta Galileo, ya que la física y las otras ciencias naturales incipientes utilizaban como referencia de certeza el método deductivo. Fue Galileo, que en el año 1580 introdujo como método de observación y de estudio la experimentación. Luego fue Newton, físico y matemático que, a partir del 1672, estructura y conforma la física experimental y establece los principios de la mecánica

universal. Este método es propio de las ciencias naturales, como la Física, la Química, la Biología. Por ello, podemos deducir que la finalidad de este método científico es la explicación de esa conexión causal que se encuentra entre las variables determinante y determinada.

Las fases del método experimental. (Afcha op.cit. p. 53)

La observación del objeto de estudio

Formulación de hipótesis, estableciendo la relación posible entre las variables determinante y determinada.

Comprobación, el científico utilizará instrumentos confiables y válidos, que le servirán para realizar la experimentación que le permita establecer la relación causal planteada.

Formulación de la Tesis. Una vez que el investigador haya comprobado esa relación, pasa a formular como cierta su tesis. Las tesis son sustentadoras de las Teorías y éstas de las Leyes universales

El método inductivo experimental, o hipotético experimental tuvo mucho éxito en las ciencias naturales, todo el edificio del Positivismo y del Neopositivismo creció y floreció junto a él. Tanto fue el éxito dentro de las ciencias naturales que, los filósofos de las ciencias de los siglos XVII hasta el XX, impusieron como criterio de validez y confiabilidad el método experimental, incluso a las ciencias sociales, las cuales por decenas de años practicaron dicho método en sus investigaciones, convirtiendo las aulas de clases en laboratorios de experimentación educacional, al estilo piagetiano en la psicología educativa.

8.2- INVESTIGACIONES EN CIENCIAS SOCIALES

El objeto de estas ciencias no es conceptual como lo es la matemática respecto de las ciencias formales, pero tampoco es factual e inorgánico como lo es la física respecto de las ciencias naturales. El objeto de estudio de las ciencias sociales es el mismo hombre, que marca una diferencia significativa entre ellas. Era pues necesario que surja una metodología propia de las Ciencias Sociales, la cual se presenta generalmente con el nombre de metodología cualitativa. La contribución a ella por vía directa o indirecta ha estado constituida por autores como: Taylor, Lakatos, Habermas, Capra, Martínez, Ferrarotti, Morin, Gadamer y otros.

El universo de las ciencias sociales, llamadas también, ciencias humanas, ciencias del hombre, o ciencias del espíritu que va tomando cuerpo desde el SXVIII, hace que surja un

tercer paradigma metodológico que será de tipo cualitativo. Diferentes enfoques metodológicos para incorporarlo en las Ciencias Sociales, a modo de ejemplo podemos señalar los siguientes:

Investigación acción

Investigación etnográfica

Historias de vida

Historiografía

Hermenéutica

Fenomenología Hermenéutica; La fenomenología es una escuela filosófica que inicia Husserl de la que surgirán corrientes y escuelas como la escuela de Heidegger y posteriormente Ricoeur y Habermas. La filosofía fenomenológica se proyecta en métodos de investigación que aplican las ciencias sociales y específicamente la educación y la psicología.

Los objetivos científicos son descubrir temas o enfoques que se manifiestan como ilustraciones de percepciones que tienen los sujetos del mundo y a través de ellos establecer patrones interpretativos. Las manifestaciones orales o escritas de los sujetos serán los principales medios y recursos de los que se valdrán los investigadores para descubrir la estructura de los significados e iluminar la comprensión de las acciones. Desde la posición interpretativa o hermenéutica interesa hacer patente las interpretaciones ocultas de los fenómenos y comprender las interpretaciones según los contextos de referencia

La Etnografía; surge de la antropología cultural. El propósito de este enfoque de investigación es describir y analizar patrones culturales de los grupos sociales para explicar las prácticas sociales. El tema central de estudio son tanto «los patrones de conducta» como los «patrones para la conducta». Como peculiaridad metodológica podemos destacar el planteamiento holístico y contextualizado con el que se aborda el estudio de las conductas y acciones de grupos sociales.

Las técnicas en la recogida de datos son la observación participante y las entrevistas abiertas y en profundidad, historias de vida, técnicas proyectivas y cuestionarios. Los datos empíricos se obtienen directamente a través de largas estancias en los contextos.

Interaccionismo simbólico; Deriva de la Escuela de Chicago a comienzos del siglo XX. Blumer es el que, en 1937, por primera vez, acuña este término. El objetivo científico de este enfoque es descubrir los procesos de conceptualización y reinterpretación (provocados por las interacciones sociales) que orientan y explican las formas de acción. La interacción es

un aspecto clave en el intercambio sujeto-grupo, ya que es la instancia en la que los individuos aprenden los significados y símbolos. Los temas centrales de estudio giran en torno a cómo los individuos elaboran los significados y a su vez los utilizan para guiar nuevas acciones. El análisis del discurso será una de las técnicas adoptadas por este enfoque. El trabajo científico pretende alcanzar un conocimiento verificable en el campo. Las teorías se generan a través de relaciones entre categorías de datos procedentes del análisis directo del mundo social.

La Etnometodología; Proporcionar elementos conceptuales y teóricos que originan nuevas formulaciones en la investigación.

Denominaremos dimensión lingüística, el fundamento del lenguaje que tienen las ciencias sociales al decir que toda ciencia por ser tal y por constituirse un producto social, tiene un lenguaje determinado y especial.

Sintaxis

Es la agrupación correcta de los signos (en un polinomio, en el caso de las matemáticas)

Semántica

Es el valor de verdad que se le atribuye a la expresión, es decir emitir un juicio sobre su carácter de verdadero o falso.

Pragmática

Es asignarle una función determinada dentro de la estructura estudiada. Es decir, utilizarla o aplicarla. Este estudio presentado por Carnap en el Círculo de Viena trató de precisar el lenguaje científico, excluyendo de este ámbito todo otro discurso filosófico o literario cuyo objeto de estudio no pudiera ser verificado.

La **hermenéutica** que, es en principio el arte de la interpretación, está íntimamente relacionada con el lenguaje ya que el intérprete debe conocer la sintaxis y los signos propios de cada lenguaje, para poder comprender el objeto de su investigación. En el nivel semántico, podrá entender las validaciones y argumentaciones de cada saber, sean estos: artísticos o científicos, y en este último caso, podrá ubicar el área de conocimiento sea este formal o conceptual, fáctico o natural y, social o humano. Finalmente la pragmática le permitirá utilizar su interpretación, dentro de su episteme, o relacionarlo con otros. Es de entender que, esta acotación es solo a modo de corolario, ya que la hermenéutica es una corriente profusa del pensamiento y de los proyectos de investigación científica actual, y que se fundan en las aportaciones valiosas de Heidegger y Gadamer.

Es a través del análisis hermenéutico que se procesan los datos de los informantes claves, recogidos por medio de las entrevistas, organizadas por la estructuración de las categorías y que el investigador realiza, según las hipótesis planteadas por las preguntas a las cuales se les busca respuestas.

La taxonomía es la ciencia que estudia los Principios, Métodos y fines de la clasificación, generalmente se aplica especialmente, en la biología para la ordenación jerarquizada en los grupos de animales y plantas. Organización en grupo de cosas que tienen características comunes. La taxonomía es adecuada cuando se desea organizar el hilo del discurso, sobre todo cuando se hilvanan ideas complejas. En las ciencias sociales aparece la denominada taxonomía de Bloom, que es útil para la categorización en los procesos de las variables hermenéuticas.

TAXONOMIA DE BLOOM (Ver Wikipedia)

8.3- INVESTIGACIONES EN INGENIERÍA

- Contexto científico: Es todo aquel contenido de materias que llevan al estudiante de Ingeniería, a capacitarse en todo lo concerniente a las ciencias naturales (física, química, matemáticas, biología), además de la práctica de la investigación científica y del pensamiento científico (prácticas de laboratorio de física, química, metodología de la investigación). Son materias fundamentales, ya que de allí es que obtiene los principios de funcionamiento de los artefactos y soluciones a los problemas que enfrenta el profesional de la ingeniería. Tiene como elemento aglutinador la Filosofía de la Ciencia.
- Contexto tecnológico: Es el contenido que forma al estudiante de ingeniería, en todos aquellos aspectos asociados a la elaboración de artefactos y solución a problemas de ingeniería, como uso de equipos, herramientas e instrumentos. Tiene más bien carácter artesanal, forma en aquellos aspectos psico-motores que permiten la realización de actividades manuales. Son importantes, porque permiten que el profesional adquiera la habilidad de moldear y trabajar los materiales, para que cumplan una función específica al final del proyecto. Los artefactos son productos artificiales, es por eso que no son naturales y el creador del mismo debe explicar toda su existencia. Su elemento aglutinador es la filosofía de la Tecnología.

La reflexión filosófica acerca de la técnica no ha sido tradicionalmente muy abundante. La actitud escéptica antigua, se apoya en la repetida opinión filosófica que distingue entre un conocimiento verdadero (episteme) y un saber empírico (techne). La preeminencia de la actividad contemplativa (theoria) frente a las ocupaciones técnicas es otro modo de subrayar esa distancia insalvable entre la técnica y la filosofía. Una visión en cierto modo altiva de la filosofía respecto a la técnica -considerada como actividad menor- ha propiciado tal marginación. Junto a esa valoración de principio, la actitud antigua muestra además su desconfianza hacia los poderes técnicos, al entender que representan una extralimitación de la condición natural. Así, la técnica sería una expresión de la desconfianza hacia la naturaleza; sería la búsqueda de la satisfacción de necesidades vanas que envilecen al ser humano y lo apartan de lo trascendente; o alimentarían una seducción por objetos de entidad degradada (el objeto técnico, o sea el artefacto, se considera de menor entidad que el objeto natural).

La filosofía de la tecnología se ha gestado como un par de gemelos que exhiben un buen número de rivalidades emparentadas desde la matriz

Filosofía de la tecnología ingenieril: Iniciada por Robert Boyle (1627-1691). Análisis de la tecnología desde dentro y la comprensión de la forma tecnológica de existir-en-el-mundo como paradigma para comprender otros tipos de acción y pensamiento humanos-

Filosofía de la tecnología de las humanidades: Francis Bacon (1561-1626) El ingrediente humano en el contexto tecnológico

La distinción entre filosofía de la tecnología ingenieril y filosofía de la tecnología de las humanidades es, hasta cierto, punto una simplificación demasiado obvia. Con otros criterios se podrían distinguir tantas tradiciones de filosofía de la tecnología como escuelas de filosofía existen.

- ✓ Una tradición analítica anglo-americana (que ha tratado cuestiones de inteligencia artificial),
- ✓ Una tradición fenomenológica (con su preocupación por la experiencia existencial de la tecnología de uso diario),
- ✓ Una tradición pragmatista, una católica neo-tomista, una marxista, etc.

La tesis de la primera parte sostiene, sin embargo, que todas estas tradiciones posibles - al menos todos sus representantes individuales, pueden ser clasificados dentro de uno de los dos enfoques fundamentales de la filosofía de la tecnología, y dicha lectura permite entender la tecnología, la filosofía y la relación entre ambas. Esto es así, incluso para quien intente ir más allá en las distinciones entre la filosofía de la tecnología ingenieril y la filosofía de la tecnología de las humanidades o hacia la síntesis entre ambas.

TAXONOMIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Conceptos de diseño fundamentales:

- Principios operacionales
- Configuraciones normales

Criterios y especificaciones

- Metas cualitativas generales
- Metas cualitativas específicas
- Traslación de objetivo-a-especificación

Datos cuantitativos

- Descriptivos (e.j. condiciones operacionales, comportamiento humano)
- Prescriptivos (e.j. factores de seguridad)

Instrumentos de diseño

- Procedimientos de diseño estructurado
- Formas de pensar (e.j. Pensamiento de control de volumen)
- Habilidades de juicio

Entendimiento socio-técnico

- Conocimiento sistemático sobre la relación entre objetos, entorno natural y práctica social

Consideraciones prácticas

- Experiencia de producción, operación, accidentes
- Diseño de reglas generales

Relacionados con la práctica del diseño

- Criterios y especificaciones

- Instrumentos
- Conceptos fundamentales de diseño
- Competencia
- Experiencia práctica

Relacionados con la Investigación y Desarrollo Experimental

- Procedimientos experimentales y de prueba
- Instrumentos de investigación
- Competencia de investigación
- Datos experimentales y de prueba

Relacionados con el producto final

- Nuevas ideas de producto
- Comportamiento en operación
- Competencia de la producción

Esta taxonomía fue creada por el Dr. Ing. Johny Molleja en colaboración con las Ing. Solange Noguera e Ing. Marisol Urrea, Profesores de la Escuela de Ingeniería de Procesos Industriales de la Universidad Central de Venezuela, localizada en la ciudad de Cagua, Estado Aragua.

8.4- DEFINICIONES Y CONCEPTOS

Este apartado tiene la intención de contrastar conceptos de la física que se trasladan a la explicación de aspectos sociales, puede que con buenas o malas intenciones, pero demuestra la iniciativa humana de encontrar patrones con la finalidad de explicar eventos.

Mecanismo

Se le llama mecanismo a los dispositivos o conjuntos de sólidos resistentes que reciben una energía de entrada y, a través de un sistema de transmisión y transformación de movimientos, realizan un trabajo.

Basándose en principios de la mecánica se representan los mecanismos mediante engranajes o ruedas dentadas, con los cuales se forman sistemas de ecuaciones, que caracterizan el comportamiento y funcionamiento de un mecanismo. A diferencia de un

problema de dinámica básica, un mecanismo no se considera como una masa puntual sino como un conjunto de sólidos rígidos enlazados. Estos sólidos se denominan elementos del mecanismo y presentan combinaciones de movimientos relativos de rotación y traslación, que combinados pueden dar lugar a un movimiento de gran complejidad. Para el análisis de un mecanismo usualmente son necesarios conceptos como el de centro de gravedad, momento de inercia, velocidad angular, entre otros.

La mayoría de veces un mecanismo puede ser analizado utilizando un enfoque bidimensional, lo que reduce el mecanismo a un plano. En mecanismos más complejos y, por lo tanto, más realistas, es necesario utilizar un análisis espacial. Un ejemplo de esto es una rótula esférica, la cual puede realizar rotaciones tridimensionales.

Mecanicismo GEN. / EPIST.

Este término apareció durante el siglo XVII que designa una concepción filosófica reduccionista, según la cual, toda realidad es entendida en base a los modelos proporcionados por la mecánica, y que la interpreta solamente en base a las nociones de materia y movimiento local. Si, además de teoría explicativa, sustenta que lo real es una inmensa máquina, entonces, no solamente es una doctrina epistemológica sino también ontológica. El mecanicismo puede ser compatible con concepciones dualistas, como en el caso de Descartes, por ejemplo, y puede también ser compatible con el materialismo, que niega una especificidad no material a lo mental (es el caso de los materialistas mecanicistas del siglo XVIII). Pero, ni todo dualismo implica formas de mecanicismo, ni tampoco el materialismo tiene por qué ser mecanicista, como es el caso del materialismo de Marx, que es contrario al mecanicismo. Generalmente, y puesto que las leyes de la mecánica son deterministas, la mayoría de las formulaciones del mecanicismo también comparten esta característica. No obstante, algunas concepciones filosóficas, como el atomismo antiguo de Leucipo y Demócrito pueden, hasta cierto punto, considerarse mecanicistas pero no deterministas.

Como concepción mecanicista ontológica, uno de los ejemplos más claros lo ofrece la filosofía de Hobbes, en el cual sí se aúnan el mecanicismo, el materialismo y el determinismo. Descartes ofrece también un modelo acabado de mecanicismo aunque, como hemos dicho, no es materialista ya que sostiene la irreductible diferencia entre la sustancia pensante, no sometida a las leyes de la mecánica, y la sustancia extensa, totalmente regida por éstas. En este sentido considera que toda la realidad física puede y debe explicarse a

partir de la mecánica. Así, considera a los animales como meros autómatas, como simples máquinas, reduciendo la biología a mecánica. También el cuerpo humano lo considera como una máquina. Esta doctrina, en versión materialista, es decir, negando la sustancia pensante como distinta de la materia, será sustentada por La Mettrie (teoría del hombre-máquina) y la mayoría de los filósofos materialistas del siglo XVIII que unen materialismo y mecanicismo (especialmente D'Holbach y Helvetius). Ahora bien, en la medida en que la mecánica cartesiana vaya siendo desplazada por la mecánica newtoniana, ésta aparecerá como el modelo de las teorías mecanicistas, que tienen en Laplace a su ejemplo más representativo y más depurado. En Laplace se integra el mecanicismo, el materialismo, la superfluidad de considerar la necesidad de Dios («Sire, no tengo necesidad de esta hipótesis» contestó Laplace a Napoleón cuando éste le preguntó por el lugar de Dios en la cosmología), y el determinismo más absoluto (el ideal del llamado «demonio de Laplace») basado en una férrea concepción de la causalidad.

En el ámbito estrictamente físico, y sin pronunciarse sobre el carácter mecánico o no de los seres vivos, la mayoría de los filósofos y científicos de los siglos XVII y XVIII adoptaron tesis mecanicistas como reacción contra la escolástica, contra el animismo y las concepciones mágicas de muchos filósofos del Renacimiento. En cambio, el idealismo alemán y el romanticismo del s. XIX favorecieron una visión opuesta y organicista de la vida, el hombre y la sociedad. La imagen mecanicista del mundo se apoyaba fundamentalmente en el principio de causalidad por el que se consideraban regidos todos los fenómenos que describe la física clásica. Pero el problema del determinismo mecanicista que ponía en entredicho la libertad humana, junto con los desarrollos de la biología y de otras ramas de la física difícilmente reducibles a la mecánica newtoniana, condujeron a considerar que toda máquina pertenece inevitablemente al mundo inorgánico y, por tanto, toda analogía con los seres vivos era ficticia. Así, la filosofía romántica, en nombre de la humanidad, de la libertad y de la vida, menospreciaba la máquina y el mecanicismo. Desde posiciones materialistas, Marx combatió el mecanicismo estrecho de los autores del siglo XVIII, pero no menospreció las máquinas ni su gran influencia en la organización social del trabajo, sino que analizó las complejas relaciones entre el hombre y la máquina con el advenimiento del maquinismo y el desarrollo de la gran industria.

No obstante, aunque Newton (que, por otra parte, no era materialista) considera que toda la ciencia es reductible a la mecánica, dado que en su concepción de ésta se considera lo

real desde el punto de vista de modelos matemáticos (tales como masas puntuales o puntos inextensos), el mecanicismo tendió a abandonar el carácter ontológico para adoptar la forma epistemológica. Es decir, no se trataba tanto de afirmar que el mundo es una máquina, ni tan sólo una máquina extremadamente compleja, sino que se trataba simplemente de concebirlo y explicarlo como si lo fuera, es decir, explicarlo a partir de las leyes de la mecánica sin presuponer por ello el carácter mecánico de lo real. Ello dio lugar a un mecanicismo metodológico y al ideal de poder constituir una única ciencia basada en los principios de la mecánica. Mientras que el mecanicismo ontológico se opone al vitalismo, al organicismo y al finalismo, el mecanicismo epistemológico tiende a oponerse al fenomenismo y al instrumentalismo, y acostumbra a ser una forma de reduccionismo ya que considera que toda ciencia puede reducirse a la mecánica y explicarse por ella. (La oposición del mecanicismo ontológico al finalismo debe matizarse, puesto que podían sustentarse ambas concepciones si se consideraba a Dios como el supremo artífice constructor o ingeniero del mundo. De la misma manera que una máquina sofisticada supone la intervención de un constructor y diseñador experto, el mundo con su maravillosa complejidad, era concebido como una exaltación de la infinita sabiduría del Dios concebido como Gran Ingeniero. De esta manera, y siguiendo esta concepción antropomorfa, la finalidad estaría dada por la divinidad).

Es una constante en la historia del pensamiento que en cada época la ciencia más desarrollada es la que es tomada como modelo a partir del cual se intenta explicar el mundo. Por ello, a partir de la constitución de la mecánica como ciencia más desarrollada, especialmente a partir de Galileo, Descartes y Newton, esta ciencia apareció como paradigmática. Además, en la medida en que el reloj fue durante mucho tiempo el prototipo de máquina (que por otra parte liga el tiempo con el espacio que debe recorrer el péndulo o las agujas de su esfera), apareció como el modelo de las concepciones mecanicistas de los siglos XVII hasta mediados del siglo XIX. Por ello es corriente encontrar muchas explicaciones filosóficas y científicas en las que se recurre al reloj como metáfora (por ejemplo, en la «armonía preestablecida» de Leibniz). A partir del siglo XIX se irán desarrollando otras ramas de la física, especialmente la termodinámica y el electromagnetismo, así como otras ciencias, especialmente la biología evolucionista, que no podían ser simplemente reducidas a la mecánica. Por otra parte, la misma mecánica empezaba a experimentar notables cambios, que dieron lugar a la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica, incompatibles en muchos aspectos con la mecánica clásica o newtoniana.

Por ello, en lugar del antiguo mecanicismo irán apareciendo otros distintos modelos teóricos que actuarán como sustitutos de aquél (el energetismo, por ejemplo, basado en la termodinámica, así como diversas concepciones filosóficas que tomarán la teoría de la evolución, la teoría de la relatividad, la mecánica cuántica, la genética, la cibernética, etc. como modelos alternativos al mecanicismo clásico). La aparición de máquinas generales, cuyo primer ejemplo lo constituye la teórica máquina de Turing, junto con el cuestionamiento de la noción clásica de causalidad (por el que se sustituye el determinismo causal por un determinismo más general que ha de incluir estados futuros sólo estadísticamente predecibles), así como otras direcciones actuales que permiten construir máquinas con tejidos orgánicos vivos, ha provocado que surja una nueva posibilidad de seguir tomando las máquinas como modelos.

Artefacto

Se entiende por artefacto cualquier objeto fabricado con cierta técnica para desempeñar alguna función específica.

Son ejemplos de artefacto tanto recuadros de barro como vehículos, maquinaria industrial y otros objetos. Por esto, los artefactos no están restringidos al mundo contemporáneo ni al desarrollo de la tecnología.

Se usa vulgarmente como sinónimo de aparato y de máquina aunque técnicamente son conceptos muy distintos: Los artefactos son producto de sistemas de necesidades sociales y culturales (también llamados intencionales aunque dicha expresión ha entrado en desuso), y se les emplea generalmente para extender los límites materiales del cuerpo. En dicho sentido, todo aparato es un artefacto, pero no todo artefacto es un aparato. Objetos que no son máquinas también son artefactos, por ejemplo vasos, mesas, ventanas, etc.

Utensilio

Un utensilio, (del latín utensilia, plural de utensilis 'útil, necesario') es un objeto fabricado, que se destina para un uso manual y doméstico. Como los utensilios de cocina, aseo, limpieza, etc.

También se denomina utensilios a ciertas herramientas o instrumentos de algunas actividades profesionales; por ejemplo, los utensilios agrícolas o los utensilios quirúrgicos.

El concepto alude a un elemento que se utiliza de modo manual para desarrollar alguna clase de actividad. Por ejemplo: *“¿Me pasas el utensilio para cortar el pastel, por favor?”*, *“Si quieres arreglar el jardín, necesitarás varios utensilios que te permitan trabajar con las plantas”*, *“Los médicos se quejan porque dicen que no cuentan con los utensilios necesarios para realizar intervenciones quirúrgicas”*.

Maquina

Tal vez el primer ejemplo de un dispositivo hecho por el hombre diseñado para administrar el poder es la hacha de mano, hecho por astillado pedernal para formar una Cuña. Una cuña es una máquina simple que transforma la fuerza lateral y el movimiento de la herramienta en una fuerza de separación transversal y el movimiento de la pieza de trabajo.

La idea de una máquina simple se originó con el filósofo griego Arquímedes alrededor del siglo tercero antes de Cristo, que estudió las máquinas simples: Palanca, polea, y el tornillo. Él descubrió el principio de la ventaja mecánica de la palanca. Filósofos griegos posteriores definen las clásicas cinco máquinas simples (excluyendo el plano inclinado) y fueron capaces de calcular más o menos su ventaja mecánica. Herón De Alexandria en su Mecánica de trabajo enumera cinco mecanismos que pueden "establecer una carga en movimiento"; palanca, chigre, polea, cuña, y tornillo, y describe su fabricación y usos. Sin embargo la comprensión de los griegos se limitaba a la estática (el equilibrio de fuerzas) y no incluyó la dinámica (el equilibrio entre la fuerza y la distancia) o el concepto de trabajo.

Durante el Renacimiento la dinámica de las potencias mecánicas, como se llamaba a las máquinas simples, comenzó a ser estudiado desde el punto de vista de la cantidad de trabajo útil que podían realizar, lo que lleva finalmente al nuevo concepto de trabajo mecánico. En 1586 el ingeniero flamenco Simon Stevin deriva la ventaja mecánica del plano inclinado, y se incluyó con las otras máquinas simples. La teoría dinámica completa de máquinas simples fue elaborado por el científico italiano Galileo Galilei en 1600 en *Le Meccaniche* ("Sobre la Mecánica") Fue el primero en comprender que las máquinas simples no crean energía, solo se limitan a transformarla.

Las reglas clásicas de fricción de deslizamiento en las máquinas fueron descubiertas por Leonardo da Vinci (1452-1519), pero permanecieron inéditos en sus cuadernos. Ellos fueron redescubiertas por Guillaume Amontons (1699) y fueron desarrolladas por Charles-Augustin de Culombio (1785).

La palabra máquina deriva de la palabra latina machina, la cual proviene del griego (dórico *μαχανά* makhana, Iónico *μαχανά* makhana *μαχανά* makhana "artefacto, máquina, motor", una derivación de (*μῆχος* mekhos *μῆχος* mekhos "medio, expediente, remedio").

Un sentido más amplio de la "tela, la estructura" se encuentra en el latín clásico, pero no en el lenguaje griego

Este significado se encuentra a finales del francés medieval, y se adoptó a partir de los franceses en inglés a mediados del siglo XVI.

En el siglo XVII, la palabra también podía significar un esquema o diagrama, un significado ahora expresada por la maquinación derivada. El significado moderno se desarrolla a partir de la aplicación especializada del término a la etapa motores utilizados en el teatro y para máquinas de asedio militar, tanto a finales del siglo 16 y principios de los 17. El OED traza el significado moderno formal para *Léxico Technicum* (John Harris, 1704), que cuenta con:

Máquina o motor, en Mechanics, es todo cuanto ha fuerza suficiente ya sea para subir o detener el movimiento de un cuerpo ... Simples Máquinas se cuentan comúnmente para ser en número de seis, a saber. El Balance, Palanca, Polea, Rueda, cuña, y tornillo ... Máquinas compuestas, o motores, son innumerables..

La palabra motor que se usa como (cercano) sinónimo tanto por Harris y en un lenguaje más tarde se deriva en última instancia (vía francés antiguo) de ingenio latino "ingenuidad, una invención".

En el ámbito coloquial también es frecuente que se utilice el término máquina para referirse a una persona. En concreto, se suele decir que alguien es una máquina, como una manera de dejar patente que este sobresale en alguna actividad en concreto y que es digno de admiración de ello.

Tendríamos que exponer que esa palabra también se emplea en el ámbito de la informática. En este caso, se habla de lo que se da en llamar lenguaje máquina, que es un conjunto de instrucciones que están codificadas y que cualquier ordenador es capaz de interpretar para luego llevar a cabo lo que en ellas se establece

Tradicionalmente se concibe como una construcción artificial, fruto de la técnica, constituida por un sistema de sólidos en movimiento que se articulan y mueven unos a otros por contacto, con la finalidad de producir eficazmente un efecto determinado, superior al que logra cada uno de los componentes. En cuanto que persiguen la consecución de algún fin, están en una relación de dependencia con alguna actividad humana, razón por la cual el problema específicamente filosófico es el que deriva de la relación entre el hombre y la máquina. A su vez, esta relación puede entenderse desde dos puntos de vista: 1) desde la perspectiva de las implicaciones sociales y éticas de la producción y uso de las máquinas, 2) desde la perspectiva de la relación de semejanza o diferencia entre el hombre y la máquina. Desde el segundo punto de vista, la relación entre el hombre y la máquina depende fundamentalmente del tipo de máquina en el que se esté pensando, y de la concepción de la técnica que se acepte. Por ello, es preciso contemplar distintos tipos de máquinas que han engendrado distintas concepciones acerca de esta relación entre el hombre y la máquina: a) máquinas simples: son aquellas que, como una polea, por ejemplo, implican la actividad directa de algún agente exterior a la máquina. b) máquinas automáticas: son aquellas que, como un reloj o un termostato, por ejemplo, pueden realizar un acción o una serie de acciones sin intervención directa continuada de un agente exterior, lo que supone una cierta autonomía, tanto por lo que hace a sus fuentes de alimentación energética, como por lo que se refiere a la serie de acciones que debe desempeñar. c) máquinas generales: son aquellas que, como un ordenador, por ejemplo, no tienen una única utilidad definida ni se rigen, como las máquinas automáticas, por una secuencia definida de acciones.

Desde el punto de vista de la utilización de la energía, las máquinas pueden también clasificarse de la manera siguiente: a) aquellas en las que el hombre proporciona directamente la energía, como un hacha, por ejemplo, pero también es el caso de las máquinas simples. b) aquellas a las que se suministra la energía, pero el hombre debe ejercer el control sobre ella. Es el caso de las máquinas automáticas y de las máquinas generales. c) aquellas a las que se suministra la energía y la misma máquina ejerce su propio autocontrol. Es el caso, por ejemplo, de los pilotos automáticos de los aviones o de las naves espaciales, basadas en

máquinas generales. d) aquellas que ellas mismas buscan sus propias fuentes de energía, ejercen el control sobre ella y determinan sus propios objetivos. Son máquinas todavía inexistentes, pero imaginadas en la ciencia ficción, como en la novela *Erewhon* de Samuel Butler (1872).

Los filósofos de la antigüedad daban el nombre de las cinco grandes a las cinco máquinas simples: el plano inclinado, la cuña, el tornillo, la palanca y la rueda, y dichas máquinas todavía despertaban extrañeza y admiración en el mundo antiguo. Hasta el Renacimiento conservaron el aspecto de ser un engaño a la naturaleza. No obstante, aunque ya Lucrecio daba metafóricamente al mundo el nombre de «máquina» (*De rerum natura*, V.96), la máquina como elemento fundamental de la imagen del mundo se impone a partir del desarrollo de las primeras máquinas automáticas, que tuvieron en el reloj su más claro ejemplo. Descartes, impulsor del mecanicismo, comparaba el cuerpo humano con un reloj. No obstante, la distinción entre *res cogitans* y *res extensa*, unidas por la glándula pineal, le permitían considerar solamente al cuerpo humano como una máquina, y salvar la libertad humana apelando a la *res cogitans*. Esta defensa de la libertad, amenazada por el mecanicismo materialista, es una de las razones que conducen a Leibniz a su teoría monadológica. Más adelante, la posterior conjunción del mecanicismo con el materialismo permitieron a La Mettrie considerar al hombre entero como una máquina: el hombre-máquina. Pero si el mecanicismo más estricto triunfó durante los siglos XVII y XVIII, con autores como Helvetius o d'Holbach, el idealismo alemán y el romanticismo del s. XIX favorecieron una visión opuesta y organicista de la vida, el hombre y la sociedad. La imagen mecanicista del mundo se apoyaba fundamentalmente en el principio de causalidad por el que se consideraban regidos todos los fenómenos que describe la física clásica. Pero el problema del determinismo mecanicista que ponía en entredicho la libertad humana, junto con los desarrollos de la biología y de otras ramas de la física difícilmente reducibles a la mecánica newtoniana, condujeron a considerar que toda máquina pertenece inevitablemente al mundo inorgánico y, por tanto, toda analogía con los seres vivos era ficticia.

Así, la filosofía romántica, en nombre de la humanidad, de la libertad y de la vida, menospreciaba la máquina y el mecanicismo. Desde posiciones materialistas, Marx combatió el mecanicismo estrecho de los autores del siglo XVIII, pero no menospreció las máquinas ni su gran influencia en la organización social del trabajo, sino que analizó las complejas relaciones entre el hombre y la máquina con el advenimiento del maquinismo y el desarrollo

de la gran industria. Con las máquinas, la mano de obra dejaba de ser el principio regulador de la producción, y al sustituir los trabajos más pesados abría las puertas a la incorporación al trabajo de las mujeres y los niños. Pero no son las máquinas las enemigas de la clase obrera, sino su uso social. Con ello, analizaba la relación hombre-máquina en el terreno social, pero su materialismo dejaba abierta de nuevo la posibilidad de la relación hombre - máquina desde la perspectiva de sus similitudes y diferencias. La aparición de máquinas generales, cuyo primer ejemplo lo constituye la teórica máquina de Turing, junto con el cuestionamiento de la noción clásica de causalidad (por el que se sustituye el determinismo causal por un determinismo más general, que ha de incluir estados futuros sólo estadísticamente predecibles), así como otras direcciones actuales que permiten construir máquinas con tejidos orgánicos vivos, ha provocado que surja una nueva posibilidad de seguir tomando las máquinas como modelos.

Así, para Chomsky, las máquinas generales pueden actuar como modelos para comprender el lenguaje, y Turing consideraba la posibilidad de una máquina capaz de pensar. En este sentido, algunos de los teóricos de la inteligencia artificial siguen considerando las máquinas generales como modelos de la inteligencia humana. En cualquier caso, la existencia de máquinas que efectúan operaciones intelectuales abre una nueva perspectiva. En lugar de transformar energía, son máquinas que transforman símbolos y que procesan información, y que en determinados casos son capaces de procesos de auto organización y aprendizaje. En este sentido la definición misma de máquina queda transformada, y pasa a ser considerada como un sistema material abierto, o un sistema jerárquico de sistemas, en los que circulan energía e información. Basándose en las similitudes entre ciertos procesos descritos por las teorías computacionales y los descritos en la biología molecular, se ha cuestionado la oposición entre lo inorgánico y lo orgánico, y algunos autores hablan solamente de dos tipos de máquinas: a) las máquinas naturales (los seres vivos, por ejemplo) y b) las máquinas artificiales.

Por otra parte, han sido varios los filósofos que han considerado las herramientas y algunas máquinas como prolongaciones del cuerpo humano. Ernst Kapp (1808-1886), que acuñó por primera vez el término filosofía de la técnica, consideraba el ferrocarril como una exteriorización del sistema circulatorio, o el telégrafo como una exteriorización del sistema nervioso. También le siguieron en eso autores como A. Gehlen (1904-1976) o Marshall McLuhan (1911-1980). En cambio, Lewis Mumford sostiene que, más que ser una

prolongación del cuerpo, la máquina expresa más bien sus limitaciones. Además, Mumford considera que la misma definición de máquina corrientemente utilizada es engañosa. Para él, la primera máquina no es un artilugio de hierro o de madera o de cualquier otro material, sino que la primera máquina es la organización burocrática del Estado. Las máquinas de hierro, de acero, eléctricas o electrónicas, no son más que una prolongación de la mega máquina imperial, que tiene sus más acabadas representaciones en las burocracias de los antiguos imperios, los grandes ejércitos o las cuadrillas organizadas que permitieron la edificación de la pirámides de Egipto o de la gran muralla china.

REFERENCIAS

- Abrams, Mark, *The Condition of the British People, 1911-1945*, Londres, 1945.
- Acheson, Dean, *Present at the Creation: My Years in the State Department*, Nueva York, 1970.
- Afanassiev, Juri, en M. Paquet, ed., *Le court vingtième siècle*, prefacio de Alexandre Adler, La Tour d'Aigues, 1991.
- Agosti, Paola, y Giovanna Borghese, *Mi pare un secolo: Ritratti e parole di centosei protagonisti del Novecento*, Turín, 1992.
- Albers/Goldschmidt/Oehlke, *Klassenkämpfe in Westeuropa*, Hamburgo, 1971.
- Alexeev, M., reseña en *Journal of Comparative Economics*, vol. 14 (1990), pp. 171- 173.
- Alien, D. Elliston, *British Tastes: An enquiry into the likes and dislikes of the regional consumer*, Londres, 1968.
- Amnistía Internacional, *Report on Torture*, Nueva York, 1975.
- Andric, Ivo, *Conversation with Goya: Bridges, Signs*, Londres, 1990.
- Andrew, Christopher, *Secret Service: The Making of the British Intelligence Community*, Londres, 1985. —, y Oleg Gordievsky, *KGB: The Inside Story of its Foreign Operations from Lenin to Gorbachev*, Londres, 1991.
- Anuario, 1989 = Comisión Económica para América Latina y el Caribe, *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe: Edición 1989*, Santiago de Chile, 1990.
- Arlacchi, Pino, *Mafia Business*, Londres, 1983. Armstrong, Philip, Andrew Glyn y John Harrison, *Capitalism Since 1945*, Oxford, 1991.
- Arndt, H. W., *The Economic Lessons of the 1930s*, Londres, 1944.
- Asbeck, barón F. M. van, *The Netherlands Indies' Foreign Relations*, Amsterdam, 1939.
- Atlas, 1992 = A. Fréron, R. Hérin y J. July, eds., *Atlas de la France Universitaire*, París, 1992.
- Auden, W. H., *Spain*, Londres, 1937.
- Babel, Isaac, *Konarmiya*, Moscú, 1923.
- , *Red Cavalry*, Londres, 1929 (hay trad, cast.: *Caballería roja*, Barral, Barcelona, 1971).

- Bairoch, Paul, *De Jéricho a México: villes et économie dans l'histoire*, París, 1985. —, *Two major shifts in Western European Labour Force: the Decline of the Manufacturing Industries and of the Working Class*, Ginebra, 1988.
- , *Economics and World History: Myths and Paradoxes*, Hemel Hempstead, 1993.
- Ball, George W., «JFK's Big Moment», *New York Review of Books* (13 de febrero de 1992), pp. 16-20. —, «The Rationalist in Power», *New York Review of Books* (22 de abril de 1993), pp. 30-36.
- Baltimore, David, «Limiting Science: A Biologist's Perspective», *Daedalus*, 107/2 (primavera de 1978), pp. 37-46.
- Banco de Inversiones Europeas: véase EIB Papers.
- Banham, Reyner, Los Angeles (1971), Harmondsworth, 1973. —, en C. W. E. Bigsby, ed., *Superculture: American Popular Culture and Europe*, Londres, 1975, pp. 69-82.
- Banks, A. S., *Cross-Polity Time Series Data*, Cambridge, Mass., y Londres, 1971.
- Barghava, Motilal, y Americk Singh Gill, *Indian National Army Secret Service*, Nueva Delhi, 1988.
- Barnet, Richard, *Real Security*, Nueva York, 1981.
- Becker, J. J., *The Great War and the French People*, Leamington Spa, 1985.
- Bédarida, Francois, *Le génocide et le nazisme: Histoire et témoignages*, París, 1992.
- Beinart, William, «Soil erosion, conservationism and ideas about development: A Southern African exploration, 1900-1960», *Journal of Southern African Studies*, 11 (1984), pp. 52- 83.
- Bell, Daniel, *The End of Ideology*, Glencoe, 1960. —, *The Cultural contradictions of Capitalism*, Nueva York, 1976 (hay trad, cast.: *Las contradicciones culturales del capitalismo*. Alianza, Madrid, 1989).
- Benjamín, Walter, «Das Kunstwerk im Zeitalter seiner Reproduzierbarkeit», en *Illuminationen: Ausgewählte Schriften*, Frankfurt, 1961, pp. 148-184 (hay trad, cast.: «La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica», en *Iluminaciones*, Madrid, 1990). —, *Zur Kritik der Gewalt und andere Aufsätze*, Frankfurt, 1971, pp. 84-85 (hay trad. cast. De algunos escritos en: *Discursos interrumpidos*, Madrid, 1990 a). —, *One-Way Street, and Other Writings*, Londres, 1979 (hay trad, cast.: *Dirección única*. Alfaguara, Madrid, 1987). —, *Bergedorfer Gesprächskreis/Bergedorf Round Table 95*, Hamburgo, 1992. ,). — *Bergedorfer Gesprächskreis/Bergedorf Round Table 98*, Hamburgo, 1993.
- Bergson, A., y H. S. Levine, eds., *The Soviet Economy: Towards the Year 2000*, Londres, 1983.

- Berman, Paul, «The Face of Downtown», *Dissent* (otoño de 1987), pp. 569-573.
- Bernal, J. D., *The Social Function of Science*, Londres, 1939. —, *Science in History*, Londres, 1967.
- Bernier, Gérard, Robert Boily et al. *Le Québec en chiffres de 1850 à nos jours*, Montreal, 1986.
- Bernstorff, Dagmar, «Candidates for the 1967 General Election in Hyderabad», en E. Leach y S. N. Mukhejee, eds., *Elites in South Asia*, Cambridge, 1970.
- Beschloss, Michael R., *The Crisis Years: Kennedy and Khrushchev 1960-1963*, Nueva York, 1991.
- Beyer, Gunther, «The Political Refugee: 35 Years Later», *International Migration Review*, vol. XV (1981), pp. 1-219.
- Block, Fred L., *The Origins of International Economic Disorder: A Study of United States International Monetary Policy from World War 11 to the Present*, Berkeley, 1977.
- Bobinska, Celina, y Andrzej Pilch, *Employment-seeking Emigrations of the Poles World-Wide XIX and XX C*, Cracovia, 1975.
- Bocca, Giorgio, *Storia dell' Italia Partigiana Settembre 1943-Maggio 1945* Barí 1966.
- Bokhari, Farhan, «Afghan border focus of región's woes», *Financial Times*, 12 de agosto de 1993.
- Boldyrev, Yu, en *Literaturnaya Gazeta*, 19 de diciembre de 1990, cit. En Di Leo, 1992.
- Bolotin, B., en *World Economy and International Relations*, n. 11 (1987), pp. 148- 152 (en ruso).
- Bourdieu, Pierre, *La Distinction: Critique Sociale du Jugement*, París, 1979 (hay trad. ingl.: *Distinction: A Social Critique of the Judgment of Taste*, Cambridge, Mass., 1984). —, y Hans Haacke, *Libre-Echange*, París, 1994.
- Britain: *An Official Handbook*, eds. 1961 y 1990, Londres, Central Office for Information.
- Briggs, Asa, *The History of Broadcasting in the United Kingdom*, vol. 1, Londres, 1961; vol. 2, 1965; vol. 3, 1970; vol. 4, 1979.
- Brown, Michael Barratt, *After Imperialism*, Londres, Melbourne y Toronto, 1963.
- Brecht, Bertolt, *Über Lyrik*, Frankfurt, 1964. —, *Gesammelte Gedichte*, 4 vols., Frankfurt, 1976.
- Brzezinski, Z., *Ideology and Power in Soviet Politics*, Nueva York, 1962. —, *Out of Control: Global Turmoil on the Eve of the Twenty-first Century*, Nueva York, 1993.

- Burks, R. V., *The Dynamics of Communism in Eastern Europe*, Princeton, 1961.
- Burlatsky, Fedor, «The Lessons of Personal Diplomacy», *Problems of Communism*, vol. XVI (41), 1992.
- Burloiu, Petre, *Higher Education and Economic Development in Europe 1975-1980*, UNESCO, Bucarest, 1983. Butterfield, Fox, «Experts Explore Rise in Mass Murder», *New York Times*, 19 de octubre de 1991, p. 6.
- Calvocoressi, Peter, *World Politics Since 1945*, Londres, 1971; 1987 y 1989.
- Carrit, Michael, *A Mole in the Crown*, Hove, 1980; 1985.
- Carr-Saunders, A. M., D. Caradog Jones y C. A. Moser, *A Survey of Social Conditions in England and Wales*, Oxford, 1958.
- Catholic = *The Official Catholic Directory*, Nueva York, anual.
- Chamberlin, W., *The Theory of Monopolistic Competition*, Cambridge, Mass., 1933. —, *The Russian Revolution, 1917-1921*, 2 vols., Nueva York, 1965.
- Chandler, Alfred D., Jr., *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*, Cambridge, Mass., 1977.
- Chapple, S., y R. Garofalo, *Rock'n Roll Is Here to Pay*, Chicago, 1977.
- Chiesa, Giulietta, «Era una fine inevitabile?», *Il Passagio: rivista di dibattito político e culturale*, VI (julio-octubre de 1993), pp. 27-37.
- Childers, Thomas, *The Nazi Voter: The Social Foundations of Fascism in Germany, 1919-1933*,
- Chapel Hill, 1983. —, «The Sonderweg controversy and the Rise of German Fascism», en *Germany and Russia in the 20th Century in Comparative Perspective* (ponencias inéditas), Filadelfia, 1991, pp. 8 y 14-15. *Las Cifras*, 1988 = *Asamblea Permanente para los Derechos Humanos*, *Las Cifras de la Guerra Sucia*, Buenos Aires, 1988.
- Ciconte, Enzo, *Ndrangheta dall' unità a oggi*, Bari, 1992.
- Cmd 1586, 1992 = *British Parliamentary Papers cmd 1586: East India (Non-Cooperation)*, XVI, 1922, p. 579. (Correspondencia telegráfica referente a la situación en India.)
- Considine, Douglas M., y Glenn Considine, *Food and Food Production Encyclopedia*, Nueva York, Cincinnati, etc., 1982. Artículo en la voz «meat», sección «Formed, Fabricated and Restructured Meat Products».
- Crosland, Anthony, *The Future of Socialism*, Londres, 1957.

- Dawkins, Richard, *The Selfish Gene*, Oxford, 1976 (hay trad. cast.: *El gen egoísta*, Salvat, Barcelona, 1988).
- Deakin, F. W., y G. R. Storry, *The Case of Richard Sorge*, Londres, 1966.
- Debray, Régis, *La révolution dans la révolution* (1967), París, 1965; 1967. —, *Charles de Gaulle: Futurist of the Nation*, Londres, 1994.
- Degler, Carl N., «On re-reading "The Woman in America"», *Daedalus* (otoño de 1987).
- Delgado, Manuel, *La Ira Sagrada: Anticlericalismo, iconoclasia y antirritualismo en la España contemporánea*, Barcelona, 1992.
- Delzell, Charles F., ed., *Mediterranean Fascism, 1919-1945*, Nueva York, 1970.
- Deng Xiaoping, *Selected Works of Deng Xiaoping (1975-1984)*, Pekín, 1984.
- Desmond, Adrián, y James Moore, *Darwin*, Londres, 1991. *Destabilization, 1989* = United Nations Inter-Agency Task Force, *Africa Recovery Programme/Economic Commission for Africa, South African Destabilization. The Economic Cost of Frontline Resistance to Apartheid*, Nueva York, 1989. *Deux Ans, 1990* = Ministère de l'Education Nationale: *Enseignement Supérieur, Deux Ans d'Action, 1988-1990*, París, 1990.
- Di Leo, Rita, *Vecchi quadri e nuovi politici: Chi commanda davvero nell'ex-Urss?*, Bolonia, 1992.
- Din, Kadir, «Islam and Tourism», *Annals of Tourism Research*, vol. 16/4 (1989), pp. 542 ss.
- Djilas, Milovan, *The New Class*, Londres, 1957. —, *Conversations with Stalin*, Londres, 1962. —, *Wartime*, Nueva York, 1977.
- Drell, Sidney D., «Elementary Particle Physics», *Daedalus*, 106/3 (verano de 1977), pp. 15-32.
- Duberman, M., M. Vicinus y G. Chauncey, *Hidden From History: Reclaiming the Gay and Lesbian Past*, Nueva York, 1989.
- Dutt, Kalpana, *Chittagong Armoury Raiders: Reminiscences*, Bombay, 1945.
- Duverger, Maurice, *Party Politics and Pressure Groups: A Comparative Introduction*, Nueva York, 1972.
- Dyker, D. A., *The Future of the Soviet Economic Planning System*, Londres, 1985.
- Echenberg, Myron, *Colonial Conscripts: The Tirailleurs Sénégalais in French West Africa, 1857-1960*, Londres, 1992.

- EIB Papers = European Investment Bank, Cahiers BEI/EIB Papers, J. Girard, De la recession à la reprise en Europe Centrale et Orientale, Luxemburgo, 1992, pp. 9-22.
Encyclopedia Britannica, voz «war», 1911.
- Ercoli, On the Peculiarity of the Spanish Revolution, Nueva York, 1936; reed. en Pal-miro Togliatti, Opere, IV/i, Roma, 1979, pp. 139-154.
- Ernst Cassirer, Antropologia Filosófica. Fondo de cultura económica. México. 1968
- Esman, Aaron H., Adolescence and Culture, Nueva York, 1990
- Hughes, H. Stuart, «The second year of the Cold War: A Memoir and an Anticipation», Commentary, agosto de 1969. —, Prisoners of Hope: The Silver Age of the Italian Jews 1924-1947, Cambridge, Mass., 1983. —, Sophisticated Rebels, Cambridge y Londres, 1988.
- Human Development = United Nations Development Programme (UNDP), Human Development Report, Nueva York, 1990, 1991, 1992.
- Hutt, Alien, This Final Crisis, Londres, 1935.
- Ignatieff, Michael, Blood and Belonging: Journeys into the New Nationalism, Londres, 1993.
- ILO Yearbook of Labour Statistics: Retrospective edition on Population Censuses 1945-1989, Ginebra, 1990.
- IMF, 1990 = Fondo Monetario Internacional, Washington, World Economic Outlook: A Survey by the Staff of the International Monetary Fund, tabla 18: «Selected Macroeconomic Indicators 1950-1988» (IMF, Washington, mayo de 1990).
- Investing in Europe's Future, ed. Arnold Heertje para el Banco de Inversiones Europeas, Oxford, 1983.
- Isola, Gianni, Abbassa la tua radio, per favore. Storia dell'ascolto radiofonico nell'Italia fascista, Florencia, 1990.
- Jacobmeyer, 1986, véase American Historical Review, febrero de 1986.
- Jacob, Margaret C, «Hubris about Science», Contention, vol. 2, n. 3 (primavera de 1993).
- Jammer, M., The Conceptual Development of Quantum Mechanics, Nueva York, 1966.
- Jayawardena, Lal, The Potential of Development Contracts and Towards sustainable Development Contracts, UNU/WIDER: Research for Action, Helsinki, 1993.
- Jensen, K. M., ed., Origins of the Cold War: The Novikov, Kennan and Roberts «Long Telegrams» of 1946, United States Institute of Peace, Washington, 1991.

- Johansson, Warren, y William A. Percy, eds., *Encyclopedia of Homosexuality*, Nueva York y Londres, 1990, 2 vols.
- Johnson, Harry G., *Inflation and the Monetarist Controversy*, Amsterdam, 1972.
- Jon, Byong-Je, *Culture and Development: South Korean experience*, International Inter-Agency Forum on Culture and Development, 20-22 de septiembre de 1993, Seúl.
- Jones, Steve, reseña de David Raup, «Extinction: Bad Genes or Bad Luck?», *London Review of Books*, 23 de abril de 1992.
- Jowitt, Ken, «The Leninist Extinction», en Daniel Chirot, ed., *The Crisis of Leninism and the Decline of the Left*, Seattle, 1991.
- Kakwani, Nanak, *Income Inequality and Poverty*, Cambridge, 1980.
- Kapucinski, Ryszard, *The Emperor*, Londres, 1983. —, *The Soccer War*, Londres, 1990.
- Kater, Michael, «Professoren und Studenten im dritten Reich», *Archiv f. Kulturgeschichte*, 67/1985, n. 2, p. 467.
- Katsiaficas, George, *The Imagination of the New Left: A global analysis of 1968*, Boston, 1987.
- Kedward, R. H., *Fascism in Western Europe 1900-1945*, Nueva York, 1971.
- Keene, Donald, *Japanese Literature of the Modern Era*, Nueva York, 1984.
- Kelley, Alien C, «Economic Consequences of Population Change in the Third World», *Journal of Economic Literature*, XXVI (diciembre de 1988), pp. 1. 685-1. 728.
- Planck, Max, *Where Is Science Going?*, con prefacio de Albert Einstein; trad, y ed. James Murphy, Nueva York, 1933.
- Polanyi, Karl, *The Great Transformation*, Londres, 1945 (hay trad, cast.: *La gran transformación*, Endymion, Madrid, 1989).
- Pons Prades, E., *Republicanos españoles en la segunda guerra mundial*, Barcelona, 1975.
- Population, 1984 = Departamento de Asuntos Económicos y Sociales Internacionales de NNUU, *Population Distribution, Migration and Development. Proceedings of the Expert Group, Hammamet (Tunisia) 21-25 March 1983*, Nueva York, 1984.
- Potts, Lydia, *The World Labour Market: A History of Migration*, Londres, 1990.
- Pravda, 25 de junio de 1991. Proctor, Robert N., *Racial Hygiene: Medicine Under the Nazis*, Cambridge, Mass., 1988.

- Programa 2000 = PSOE, Manifiesto, enero de 1990, Madrid, 1990.
- Prost, A., «Frontières et espaces du privé», en *Histoire de la vie privée de la Première Guerre Mondiale á nos Jours*, París, 1987, vol. 5, pp. 13-153.
- Rado, A., ed., *Welthandbuch: internationaler politischer und wirtschaftlicher Almanach 1962*, Budapest, 1962.
- Ranki, George, en Peter F. Sugar, ed., *Native Fascism in the Succesor States: 1918- 1945*, Santa Bárbara, 1971.
- Ransome, Arthur, *Six Weeks in Russia in 1919*, Londres, 1919.
- Räte-China, 1973 = Manfred Hinz, ed., *Rate-China: Dokumente der chinesischen Revolution (1927-1931)*, Berlín, 1973.
- Raw, Charles, Bruce Page y Godfrey Hodgson, *Do You Sincerely Want To Be Rich?*, Londres, 1972.
- Reale, Eugenio, *Avec Jacques Duclos au Banc des Accusés á la Reunión Constitutive du Cominform (1954)*, París, 1958.
- Reed, John, *Ten Days That Shook The World*, Nueva York, 1919, y numerosas ediciones posteriores (hay trad, cast.: *Diez días que estremecieron el mundo*, Akal, Madrid, 1986).
- Reinhard, M., A. Armengaud y J. Dupaquier, *Histoire Générale de la population mondiale*, París, 1968.
- Reitlinger, Gerard, *The Economics of Taste: The Rise and Fall of Picture Prices 1760-1960*, Nueva York, 1982, 3 vols.
- Riley, C., «The Prevalence of Chronic Disease During Mortality Increase: Hungary in the 1980s», *Population Studies*, 45, 3 (noviembre de 1991), pp. 489-497.
- Riordan, J., *Life After Communism*, conferencia inaugural, University of Surrey, Guildford, 1991.
- Ripken, Peter, y Gottfried Wellmer, «Bantustans und ihre Funktion für das südafrikanische Herrschaftssystem», en Peter Ripken, *Südliches Afrika: Geschichte, Wirtschaft, politische Zukunft*, Berlín, 1978, pp. 194-203.
- Roberts, Frank, *Dealing with the Dictators: The Destruction and Revival of Europe 1930-1970*, Londres, 1991.
- Rosati, D., y K. Mizsei, *Adjustment through opening of socialist economies*, en UNU/WIDER, Working Paper 52, Helsinki, 1989.

- Rostow, W. W., *The World Economy. History and Prospect*, Austin, 1978 (hay trad. cast.: *Economía mundial*. Reverte, Barcelona, 1983).
- Russell Pasha, sir Thomas, *Egyptian Service, 1902-1946*, Londres, 1949.
- Samuelson, Paul, «Full employment after the war», en S. Harris, ed., *Post-war Economic Problems*, Nueva York, 1943.
- Sareen, T. R., *Select Documents on Indian National Army*, Nueva Delhi, 1988.
- Sassoon, Siegfried, *Collected Poems*, Londres, 1947.
- Schatz, Ronald W., *The Electrical Workers. A History of Labor at General Electric and Westinghouse*, University of Illinois Press, 1983.
- Schell, Jonathan, «A Foreign Policy of Buy and Sell», *New York Newsday* (21 de noviembre de 1993).
- Schram, Stuart, *Mao Tse Tung*, Baltimore, 1966.
- Schrödinger, Erwin, *What Is Life: The Physical Aspects of the Living Cell*, Cambridge, 1944.
- Schumpeter, Joseph A., *History of Economic Analysis*, Nueva York, 1954 (hay trad. cast.: *Historia del análisis económico*, Ariel, Barcelona, 1982).
- Schwartz, Benjamín, «Modernisation and the Maoist Vision», en Roderick MacFarquhar, ed., *China Under Mao: Politics Takes Command*, Cambridge, Mass., 1966.
- Scott, James C., *Weapons of the Weak: Everyday Forms of Peasant Resistance*, New Haven y Londres, 1985.
- Seal, Anil, *The Emergence of Indian Nationalism: Competition and Collaboration in the later Nineteenth Century*, Cambridge, 1968.
- Sinclair, Stuart, *The World Economic Handbook*, Londres, 1982.
- Singer, J. David, *The Wages of War 1816-1965: A Statistical Handbook*, Nueva York, Londres, Sydney y Toronto, 1972.
- Smil, Vaclav, «Planetary Warming: Realities and Responses», *Population and Development Review*, vol. 16, n. 1 (marzo de 1990).
- Smith, Gavin Alderson, *Livelihood and Resistance: Peasants and the Politics of the Land in Peru*, Berkeley, 1989.
- Snyder, R. C., «Commercial policy as reflected in Treaties from 1931 to 1939», *American Economic Review*, 30 (1940).

- Social Trends = UK Central Statistical Office, Social Trends 1980, Londres, anual.
- Sociedad de Naciones, The Course and Phases of the World Depression, Ginebra, 1931; reimpreso en 1972.—, Industrialisation and Foreign Trade, Ginebra, 1945.
- Solzhenitsyn, Alexander, en New York Times, 28 de noviembre de 1993.
- Somary, Felix, Wandlungen der Weltwirtschaft seit dem Kriege, Tubinga, 1929.
- Sotheby = Art Market Bulletin, A Sotheby's Research Department Publication, informe de final de la temporada, 1992.
- Spencer, Jonathan, A Sinhala Village in Time of Trouble: Politics and Change in Rural Sri Lanka, Nueva Delhi, 1990.
- Spero, Joan Edelman, The Politics of International Economic Relations, Nueva York, 1977.
- Spriano, Paolo, Storia del Partito Comunista Italiano, Turín, 1969, vol. II. —, I comunisti europei e Stalin, Turín, 1983.
- SSSR, 1987 = SSSR v Tsifrah v 1987, pp. 15-17 y 32-33.
- Staley, Eugene, The World Economy in Transition, Nueva York, 1939.
- Stalin, J. V., Economic Problems of Socialism in the USSR, Moscú, 1952.
- Starobin, Joseph, American Communism in Crisis, Cambridge, Mass., 1972.
- Starr, Frederick, Red and Hot: The Fate of Jazz in the Soviet Union 1917-1980, Nueva York,
- Stat. Jahrbuch = Federal Republic Germany, Bundesamt für Statistik, Statistisches Jahrbuch für das Ausland, Bonn, 1990.
- Steinberg, Jonathan, All or Nothing: The Axis and the Holocaust 1941-43 Londres 1990.
- Stevenson, John, British Society 1914-1945, Harmondsworth, 1984.
- Stoll, David, Is Latin America Turning Protestant: The Politics of Evangelical Growth (1990), Berkeley, Los Ángeles y Oxford, 1992.
- Stouffer, S., y P. Lazarsfeld, Research Memorandum on the Family in the Depression, Social Science Research Council, Nueva York, 1937.
- Stürmer, Michael, «Orientierungskrise in Politik und Gesellschaft? Perspektiven der Demokratie an der Schwelle zum 21. Jahrhundert», en Bergedorfer Gesprächskreis, Protokoll Nr 98, Hamburgo-Bergedorf, 1993. —, 99 Bergedorfer Gesprächskreis (22-23 de mayo, Ditchley Park): Wird der Westen den Zerfall des Ostens

überleben? Politische und ökonomische Herausforderungen für Amerika und Europa, Hamburgo, 1993.

Tanner, J. M., *Growth at Adolescence*, Oxford, 1962. Taylor, C. L., y D. A. Jodice, *World Handbook of Political and Social Indicators*, New Haven y Londres, 1983.

Taylor, Trevor, «Defence industries in international relations», *Rev. Internat. Studies*, 16 (1990), pp. 59-73.

Technology, 1986 = US Congress, Office of Technology Assessment, *Technology and Structural Unemployment: Reemploying Displaced Adults*, Washington, DC, 1986.

Temin, Peter, «Transmission of the Great Depression», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 7, 2 (primavera de 1993), pp. 87-102.

Terkel, Studs, *Division Street: America*, Nueva York, 1967. —, *Hard Times: An Oral History of the Great Depression*, Nueva York, 1970.

Therborn, Göran, «Classes and States, Welfare State Developments 1881- 1981», *Studies in Political Economy: A Socialist Review*, n. 13 (primavera de 1984), pp. 7-41. —, «Leaving the Post Office Behind», en M. Nikolic, ed., *Socialism in the Twentyfirst Century*, Londres, 1985, pp. 225-251.

Thomas, Hugh, *Cuba or the Pursuit of Freedom*, Londres, 1971 (hay trad, cast.: *Cuba*, Grijalbo, Barcelona, 1974). —, *The Spanish Civil War*, Harmondsworth, 1977 (hay trad, cast.: *La guerra civil española*, Grijalbo Mondadori, «El libro de mano», Barcelona, 1995).

Tiempos, 1990 = Carlos Ivan Degregori, Marfil Francke, José López Ricci, Nelson Manrique, Gonzalo Portocarrero, Patricia Ruiz Bravo, Abelardo Sánchez León y Antonio Zapata, *Tiempos de ira y amor: nuevos actores para viejos problemas*, DESCO, Lima, 1990.

Tilly, Louise, y Joan W. Scott, *Women, Work and Family*, Londres, 1987.

Titmuss, Richard, *The Gift Relationship: From Human Blood to Social Policy*, Londres, 1970.

Tomlinson, B. R., *The Indian National Congress and the Raj 1929-1942: The Penultimate Phase*, Londres, 1976.

Touchard, Jean, *La gauche en France*, París, 1977.

Townshend, Charles, «Civilization and Frightfulness: Air Control in the Middle East Between the Wars», en C. Wrigley, ed. (véase Hobsbawm, 1986).

Trofimov, Dmitry, y Gia Djangava, *Some reflections on current geopolitical situation in the North Caucasus*, Londres, 1993, mimeografiado.

- Tuma, Elias H., *Twenty-six Centuries of Agrarian Reform: A comparative analysis*, Berkeley y Los Angeles, 1965.
- Umbruch, véase Fröbel, Heinrichs y Kreye, 1986.
- Umbruch, 1990 = República Federal de Alemania, *Umbruch in Europa: Die Ereignisse im 2. Halbjahr 1989. Eine Dokumentation*, herausgegeben vom Auswärtigen Amt, Bonn, 1990. UN Africa, 1989 =
- UN Economic Commission for Africa, Inter-Agency Task Force, *Africa Recovery Programme, South African Destabilization: The Economic Cost of Frontline Resistance to Apartheid*, Nueva York, 1989.
- UN Dept of International Economic and Social Affairs, 1984, véase Population, 1984.
- UN International Trade Statistics Yearbook, 1983. UN Statistical Yearbook, anual.
- UN Transnational, 1988 = United Nations Centre on Transnational Corporations, *Transnational Corporations in World Development: Trends and Prospects*, Nueva York, 1988.
- UN World Social Situation, 1970 = UN Dept of International Economic and Social Affairs, *1970 Report on the World Social Situation*, Nueva York, 1971.
- UN World Social Situation, 1985 = UN Dept of International Economic and Social Affairs, *1985 Report on the World Social Situation*, Nueva York, 1985.
- UN World Social Situation, 1989 = UN Dept of International Economic and Social Affairs, *1989 Report on the World Social Situation*, Nueva York, 1989.
- UN World's Women: UN Social Statistics and Indicators Series K, n. 8: *The World's Wornen 1970-1990: Trends and Statistics*, Nueva York, 1991.
- UNCTAD (UN Commission for Trade and Development), *Statistical Pocket Book 1989*, Nueva York, 1989.
- UNESCO, *Statistical Yearbook*, para los años estudiados. US Historical Statistics =
- US Dept of Commerce, Bureau of the Census, *Historical Statistics of the United States: Colonial Times to 1970*, Washington, 1975, 3 vols.
- Van der Linden, 1993 = «Forced labour and non-capitalist industrialization: the case of Stalinism», en Tom Brass, Macel van der Linden y Jan Lucassen, *Free and Unfree Labour*, IISH, Amsterdam, 1993.
- Van der Wee, Herman, *Prosperity and Upheaval: The World Economy 1945-1980*, Harmondsworth, 1987 (hay trad. cast.: *Prosperidad y crisis, Reconstrucción, crecimiento y cambio, 1945-1980*, Crítica, Barcelona, 1986).

- Veillon, Dominique, «Le quotidien», en *Ecrire l'histoire du temps présent. En hommage à Francois Bédarida: Actes de la journée d'eludes de l'THTP* (1992), CNRS, París, 1993, pp. 315-328.
- Vernikov, Andrei, «Reforming Process and Consolidation in the Soviet Economy», WIDER Working Papers WP 53, Helsinki, 1989.
- Walker, Martin, «Russian Diary», *Guardian* (21 de marzo de 1988), p. 19. —, «Sentencing system blights land of the free», *Guardian* (19 de junio de 1991), p. 11. —, *The Cold War: And the Making of the Modern World*, Londres, 1993.
- Ward, Benjamín, «National Economic Planning and Politics», en *Cario Cipolla, ed., Fontana Economic History of Europe: The Twentieth Century*, vol. 6, 1, Londres, 1976.
- Watt, D. C., *How War Came*, Londres, 1989.
- Weber, Hermann, *Die Wandlung des deutschen Kommunismus: Die Stalinisierung der KPD in der Weimarer Republik*, Frankfurt, 1969, 2 vols.
- Weinberg, Steven, «The Search for Unity: Notes for a History of Quantum Field Theory», *Daedalus* (otoño de 1977). —, «Einstein and Spacetime Then and Now», *Bulletin American Academy of Arts and Sciences*, XXXIII (2 de noviembre de 1979).
- Weisskopf, V., «What Is Quantum Mechanics?», *Bulletin American Academy of Arts and Sciences*, XXXIII (abril de 1980).
- Wiener, Jon, *Come Together: John Lennon in hisTime*, Nueva York, 1984.
- Wildavsky, Aaron, y Karl Dake, «Theories of Risk Perception: Who Fears What and Why?», *Daedalus*, vol. 119, n. 4 (otoño de 1990), pp. 41-60.
- Willett, John, *The New Sobriety: Art and Politics in the Weimar Period*, Londres, 1978.
- Wilson, E. O., «Biology and the Social Sciences», *Daedalus*, vol. 106, n. 4 (otoño de 1977), pp. 127-140.
- Winter, Jay, *War and the British People*, Londres, 1986.
- «Woman», 1964 = «The Woman in America», *Daedalus* (1964).
- The World Almanack*, Nueva York, 1964, 1993.
- The World Bank Atlas 1990*, Washington, 1990.
- World Development = Banco Mundial, *World Development Report*, Nueva York, anual.
- World Economic Survey, 1989 =
- UN Dept of International Economic and Social Affairs, *World Economic Survey 1989: Current Trends and Policies in the World Economy*, Nueva York, 1989.

World Labour, 1989 = International Labour Office (ILO), World Labour Report 1989, Ginebra, 1989.

World Resources, 1986 = A Report by the World Resources Institute and the International Institute for Environment and Development, Nueva York, 1986.

World Tables, 1991 = Banco Mundial, World Tables 1991, Baltimore y Washington, 1991.

World's Women, véase UN World's Women. Zetkin, Clara, «Reminiscences of Lenin», en They Knew Lenin: Reminiscences of Foreign Contemporaries, Moscú, 1968.

Ziebura, Gilbert, World Economy and World Politics 1924-1931: From Reconstruction to Collapse, Oxford, Nueva York y Munich, 1990.

Zinoviev, Aleksandr, The Yawning Heights, Harmondsworth, 1979