

*Más allá de las manifestaciones concretas y específicas de la tecnología, en forma de maquinaria y equipo, procesos o calificación de la mano de obra, es preciso pensar en su fundamentación gnoseológica. Se constata entonces que la tecnología es, en esencia, conocimiento aplicado.*

*El conocimiento que desemboca en aplicaciones tecnológicas es tanto de origen empírico como científico. Son bien sabidas las raíces históricas de las técnicas que gradualmente fueron penetrando en los sistemas productivos y que surgieron del conocimiento empírico o, cuando más, de la aplicación informal del método inmediato de prueba y error. En los primeros estadios del desarrollo tecnológico el conocimiento científico venía con posterioridad como explicación de los fenómenos técnicos.*

*Los historiadores de las ciencias y de las tecnologías nos ilustran en detalle el proceso que llevó al fenómeno inverso cual es el de la ciencia como origen y fundamento de la tecnología moderna. Esto hace que las tecnologías que hoy sustentan todos los procesos productivos sean intensivas en ciencia.*

*Si la tecnología es fuente de rendimientos económicos y éstos de poder aparece con claridad silogística el rol de la ciencia en la consolidación o modificación de las relaciones de poder tanto en el ámbito internacional como en el nacional.*

*El profesor Rómulo Gallego Badillo de la Universidad Pedagógica Nacional está escribiendo un libro sobre este tema y de él ofrece un avance en el presente artículo.*

## Prefacio

El desarrollo de esta obra obedece a tres razones principales: la primera, poner a disposición de un público amplio unas reflexiones restringidas que fueron ya publicadas (1); la segunda, derivada de la precedente, extender el discurso con el fin de que cubra aspectos teóricos que inciden en el desarrollo tecnológico y, tercera, hacerlo asequible, más didáctico, para que cumpla los propósitos educativos que todo autor pretende cuando escribe.

Para nadie es un secreto el uso corriente e indiscriminado de las palabras técnica, tecnología, artesanía y artes industriales, las cuales designan espacios de saberes diferentes y cuya distinción es necesario establecer no sólo desde el punto de vista epistemológico, sino también desde el desarrollo histórico que se dio partiendo del paleolítico superior, cuando el hombre se hizo técnico, hasta el presente de la sociedad científico-tecnológica.

La preocupación por esa utilización indistinta es más acentuada al observarse que se da en el sistema educativo, en sus diferentes niveles, y que no contribuye al desarrollo de un pensamiento científico y

tecnológico de los estudiantes y del país, no cumpliendo la misma función ideológica que se dice tuvo la enseñanza de las ciencias en la Europa del siglo pasado, influida por un espíritu liberal y positivista, articulada con los programas de educación laica. Buscó ella contribuir a la ILUSTRACIÓN, es decir, a la introducción de la población en la modernidad, a su civilización y al progreso en general (2). Al respecto es necesario citar a Paul Langevin, quien en 1926, en una conferencia sobre el valor educativo de la Historia de las Ciencias, reconocía el papel jugado por las ciencias en la liberación de los espíritus y en la afirmación de los Derechos del Hombre, para lo cual el movimiento revolucionario hizo un esfuerzo considerable con el fin de introducir la enseñanza de las ciencias en la cultura general y conformar esas humanidades modernas que aún no se han logrado establecer (3).

Hay que ser claros y distintos, señaló la modernidad. La claridad y la distinción indicadas deben evitar el "macondismo" de José Arcadio Buendía frente a los inventos traídos por los Melquíades de todos los tiempos a los pueblos que viven en el realismo mágico (4).

Sostengo que en Macondo, donde los hombres ven el mundo a través de los mi-

tos, con el imperio de un capitalismo salvaje y una compulsión infantil por el poder y muy poco dados a seguir los caminos de la razón, no son posibles ni las ciencias experimentales ni las tecnologías, como ocupaciones profesionales de un significativo sector de la población. Domina como ya lo describió magistralmente Gabriel García Márquez, un pensamiento realista-mágico y un pragmatismo oportunista en el que cualquier instrumento sirve para todo e, incluso, para aquello cuya existencia es sólo producto de una imaginación desahogada. Se sueña con inventar lo imposible y únicamente es avalado el proyecto que de una vez y para siempre, como la varita mágica de las hadas madrinas, resuelva hasta los problemas que aún no han sido siquiera formulados. En este contexto los "daguerrotipos" no ingresan como objetos productos de un saber tecnológico conquistado por la razón, sino que son asimilados a aparatos útiles para ritos y encantamientos.

La introducción de la distinción y de la tecnología en el sistema educativo debe cumplir un papel pedagógico que ayude, antes que todo, a la construcción de un esquema racional del mundo y de un uso de la misma que contribuya al desarrollo intelectual, a la conquista de la libertad y a la realización de un Proyecto Ético de Vida. Una tesis que desarrollaré más adelante y que afirma que los aparatos no son en sí tecnología, me permite sostener que es posible entrenar a un canibal para que use un artefacto con lujo de competencia, pero de ahí a que asimile por este simple hecho el saber tecnológico que lo sustenta, hay toda una trayectoria que resume esfuerzos de pensamientos activos y en permanente crítica conceptual. Me asalta el temor de lo que podría suceder cuando los fanáticos con mentalidad medieval tengan acceso al manejo de tecnologías con altas capacidades masivas de destrucción.

Por otra parte, no se puede seguir entendiendo la modernización como la adquisición y puesta en uso de los artefactos e instrumentos de la tecnología contemporánea. Esta es una forma falsa y equivocada de ingresar a la vivencia de tal categoría. La modernización tiene que ser necesariamente todo un movimiento intelectual que transforme las formas de pensamiento e interrelación de los individuos con la naturaleza y con la sociedad, es decir, de la cultura y de las maneras de producción espiritual y material y, por tanto, de la sociedad misma. Sólo así esos artefactos serán instrumentos y se inscribirán en otra dimensión. Se habrá ingresado a la modernidad.

Haciendo énfasis en la educación científica y tecnológica, como necesaria para alcanzar esa transformación intelectual indispensable en la mayoría de la población, se trae a cita la explicación que Tom Kemp da a una de las causas de la revolución industrial de la Alemania de mediados del siglo pasado. Ella se dió cuenta que la inferioridad de su industria sólo podía vencerse mediante un esfuerzo conscientemente aplicado, especialmente en el campo educativo, y mediante el dominio de la metodología científica aplicada a los procesos y organización industrial (5).

Por lo demás, contra quienes se oponen a las ciencias y a las tecnologías, sus avances han elevado sustancialmente el nivel de vida de amplios sectores de la población. Han producido más beneficios que daños. Los hombres que a lo largo de la historia y antes del advenimiento de la primera revolución científico-tecnológica murieron, como consecuencia de persecuciones y guerras ideológicas y religiosas, suman muchos millares más que los extintos en la última guerra mundial, en accidentes aéreos, de tráfico terrestre o de experimentos mal encaminados. De hecho, la cantidad de personas que ha

salvado la penicilina, bastaría para ponerle coto a una discusión de tal naturaleza.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. GALLEGO-BADILLO, R. y colab. Diseño y Evaluación de Estrategias y Metodologías para la Formación Científica y Tecnológica. (Programa de Investigación Pedagógica). Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 1986.
2. SALDAÑA, J., J. y MEDINA PEÑA, L. La Ciencia en México (1983-1988). México, Comercio Exterior, Vol. 38 No. 12, 1988. p. 1111 - 1121.
3. ICE-UNIVERSIDAD DE VALENCIA. Iniciación a las Ciencias Físico-Químicas en la Enseñanza Media. Vol. 1, Guía del Profesor. Valencia, Seminario Didáctico de Física y Química del I.C.E. de la Universidad de Valencia, 1986.
4. GARCIA MARQUEZ, G. Cien Años de Soledad. Bogotá, Edit. La Oveja Negra, 1979.
5. KEMP, Tom. La Revolución Industrial en la Europa del Siglo XIX. Barcelona, Ediciones Orbis, 1986. p. 146.

## INTRODUCCION

### 1. La Creatividad Humana

En una obra anterior (1) sostuve que la naturaleza social y la capacidad del hombre para fabricar utensilios (homofaber) no residía en una programación genética cerrada e inmodificable (instintiva). Se hallaba en un cerebro que por evolución adquirió la cualidad de pensar y elaborar explicaciones sobre su realidad subjetiva, la extrasubjetiva y de las interrelaciones que él mismo establecía entre las dos. Decía que detrás de los utensilios, herramientas, máquinas e instrumentos, existía una estructuración teórica que marcaba la diferencia trascendental con lo que

los animales construían. ¡El castor no era un ingeniero!

El homo-faber construye siguiendo un orden racional que ha establecido de antemano, en el cual, además de la reflexión sobre el diseño, son identificables unos elementos mínimos alrededor de los cuales hace sus planteamientos y avanza críticamente en el camino constructivista. Función, estructura, material, eficacia y proceso para hacer concreto aquello que se ha dado en su mente. Sobre cada uno de ellos en particular y sobre el todo que conforman posee un discurso, no importa que tan ingenuo y empírico sea.

A lo anterior es indispensable agregar la historicidad de dichas construcciones. Ella se debe, por una parte, a los elementos de reflexión señalados y, por otra, a las condiciones objetivas que el medio socioeconómico, en una época dada, lo llevan a plantear en términos de soluciones que cualifiquen sus interrelaciones con el mundo social y natural. Atendiendo a estos dos aspectos se encuentran las razones por las cuales los artefactos cambian con el tiempo, revelando la evolución intelectual alcanzada por su constructor: el hombre.

Puntualizado lo anterior, queda aún sobre el tapete la pregunta que indaga por una precisión conceptual de las cualidades intrínsecas que conducen al cerebro humano a ser un constructor de utensilios, herramientas e instrumentos. De hecho, responder en términos de satisfacción de necesidades básicas, de supervivencia, es demasiado simplista e insatisfactorio. El chimpancé lo hace. Retoca las ramitas que recoge con el objeto de atrapar termitas para comer. Sin embargo, no las manipula persiguiendo objetivos diferentes, y no las utiliza para plantearse y resolver problemas nuevos y de otra índole. Hasta ahora ningún chimpancé ha con-

seguido, por lo demás, crear herramientas para fabricar otras (2).

No es menester entrar a revisar aquí la relación cerebro manos, la forma de éstas y el número de combinaciones de movimientos que pueden realizar, constituyéndose en "instrumentos" de gran versatilidad, capaces de seguir a la mente en sus creaciones. Anótese que parece existir una relación entre la habilidad de las extremidades superiores y las áreas del lenguaje en el hemisferio izquierdo. Aquellas se pierden con las lesiones de las últimas (3). El animal que habla y compone discursos sobre sí mismo y la realidad extrasubjetiva, es el que construye herramientas e instrumentos.

En la perspectiva anotada, cabe mencionar lo creativo que es el individuo cuando habla (4), haciendo de las palabras especie de herramientas de su pensamiento. En dicho sentido la palabra no es una imagen de cierto objeto, propiedad o acción; tampoco es una mera asociación entre una imagen y un complejo acústico condicional. Cada una de ellas es una matriz multidimensional compleja de diferentes datos y conexiones, y en los diferentes estados de conciencia una de estas conexiones es la predominante (5).

Pero la característica de la conciencia humana que tiene relevancia para comprender la creatividad tecnológica, es la cualidad de elaborar estructuras apriorísticas de la realidad extrasubjetiva; sistemas en los cuales se relacionan causalmente unos elementos con otros y que poseen un límite o frontera a partir del cual es posible diferenciar lo que es propio del sistema y aquello que pertenece al contorno. Sin esta cualidad no podría actuar creativamente, ni construir el discurso explicativo o descriptivo correspondiente a las estructuras y las condiciones de sus puestas en acto externo.

De acuerdo con el tipo de interacciones particulares en que se halle comprometida la conciencia, así son las estructuras apriorísticas que adelanta. Se tendrán entonces organizaciones sociales con una clase de sistema político; comerciales e industriales, corporaciones de circulación de mercancías y dinero y de producción de bienes y servicios, de la misma manera, en sus principios subjetivos, tecnología como una organización conceptual y de realizaciones ergonómicas.

Antes de seguir ahondando en la problemática de la creatividad, téngase en cuenta que si bien la psicología está lejos todavía de explicar la creatividad en términos lógicos, los estudios realizados muestran que los individuos creativos tienden a ser enormemente intuitivos y a estar más interesados por el significado abstracto del mundo exterior que por su percepción sensitiva (6).

## 2. Creatividad y Entorno

Esta cualidad de la conciencia humana no puede ser pensada como una capacidad latente que ha de ser despertada para que pase de potencia a acto. Si así fuera, habría entonces que incluirla en la categoría de las informaciones heredadas; una especie de conducta instintiva de otra categoría, un programa cerrado de aprendizaje. Su comprensión, como ya se ha sugerido, hay que encontrarla en la dimensión vital de los saberes elaborados por el hombre.

Como se ha venido sugiriendo, el hombre es el único animal que establece consigo mismo, con la naturaleza o el espacio geográfico que lo rodea, con la sociedad y con el saber que ésta ontogenéticamente ha elaborado, unas interrelaciones que lo conducen a estructurar y reestructurar una conciencia objetivable

en los discursos que elabora y las realizaciones fácticas que ejecuta, desde dicha conciencia. Es pues en la cualidad de dichas interrelaciones y por una necesidad vital, en donde crea y habría que encontrar la distinción de lo tecnológico como saber y como ergón. Tiene que crear, porque no le viene implícito en la programación genética.

Habría, por consiguiente, que clarificar lo tecnológico que surge en la interrelación creativa hombre-naturaleza-sociedad, como algo específico y distinto de las otras que también inventa, como fruto de una cualidad de la conciencia que se desarrolla históricamente y para la cual es necesario el alcance de estadios intelectuales de índole superior; es decir, que cualquier persona por el hecho de pertenecer al género humano, no por ésto se hallaría en condiciones de generar tecnología, salvo que indiscriminadamente se denominara así cualquier tipo de saber hacer.

Se habla de saber por razones de que las interrelaciones de la conciencia con la realidad extrasubjetiva, por lo menos, se expresan en discursos (lo cual implica la necesidad de un lenguaje articulado), ya sea porque explican el conjunto de fenomenologías como referente, o porque, sencillamente, describen la serie de acontecimientos que encadenados causalmente, producen un efecto neto esperado.

Pero todo saber se halla inscrito en una cosmovisión de la realidad, como totalidad, de la cual hace parte el hombre y los saberes elaborados por la sociedad a la que pertenece. Por tanto, la construcción de un saber en ese entorno supone la conformación inteligente de una mirada, de una forma de pensar, de existir y de interrelacionarse. ¿Es cualquier mirada, cualquier forma de pensar y de interrelacio-

narse con la realidad extrasubjetiva, tecnológica? La respuesta es no, aún cuando se admita que en todas las épocas pasadas haya habido, como posición de minorías, saberes divergentes parecidos; lo dominante no ha sido tal tipo de pensamiento, algo que ocurrió sólo a partir de la modernidad.

Sin duda, de acuerdo con los interrogantes que el hombre en función de dominio de la naturaleza y de la sociedad se ha planteado, ha creado respuestas fácticas, ergones que le han permitido la continuidad histórica; pero este hecho por sí mismo no conduce a la afirmación de que se ha tratado de soluciones tecnológicas, si se mira sólo el artefacto en su configuración externa (una vasija de barro), sin entrar por el momento a especificar que lo tecnológico está matemáticamente calculado.

Por otra parte, categorizar la tecnología como un saber que irrumpe con la modernidad, admite un ayer y, por consiguiente, una historia y una protohistoria de cuyo análisis crítico-conceptual es factible derivar un comprensión de su desarrollo, de sus transformaciones necesarias, de las consecuentes rupturas epistemológicas requeridas, tanto como del cambio de las cosmovisiones y de las interrelaciones del hombre con la naturaleza y con la sociedad, que posibilitaron los saltos, los desenvolvimientos y la aceptación de dicho saber en el seno de la sociedad. Así es posible explicar cuando comenzó y qué clase de saberes lógicamente importantes, la precedieron.

### 3. Dimensión Humana del Saber Tecnológico

El hombre es conciencia de sí, del mundo y de sí en el mundo. Es así porque se interrelaciona con la naturaleza, o al menos con el espacio geográfico que lo ro-

dea, con la sociedad o grupo humano al que pertenece y con los saberes que en el momento histórico correspondiente esa sociedad ha desarrollado como forma racional de cualificar las interrelaciones consigo misma y con el entorno natural en el cual se desenvuelve, aislada o en relación de interdependencia o de dependencia con otras sociedades en ámbitos distintos. Por eso es conciente de quién es, donde está, para dónde va y cuales son sus expectativas más probables.

Saber quién se és, significa ser conciente del saber que se sabe, que se es un sujeto que piensa desde ese saber con el cual posee una clara relación de dominio en la sociedad, dentro de la clase social a la que se pertenece. De la misma manera, de las posibilidades de realización personal en función de su grupo humano.

Ser conciente de la sociedad conlleva saber cómo ha llegado ésta a ser lo que en el momento es, los procesos históricos que la llevaron a ser y el devenir que le es factible, como proyecto político hacia el cual debe enrumbarse en cuanto a sociedad deseada. Es tener conciencia de arraigo y pertenencia en la mira de la realización dentro de la sociedad en el ámbito geográfico que el país determina y el horizonte universal.

Es igualmente tener un saber acerca de la naturaleza y del saber dominante que su sociedad posee sobre ella y desde el cual determina las formas de explotación de los recursos que concibe como tales. Incluso sin esa concepción observa sólo tierra, piedras y cascajos. Por consiguiente, estará o no de acuerdo con la mera recolección de, por ejemplo minerales, para su explotación o abogará por su transformación para la fabricación de bienes adecuados. Se convertirá o no en un disidente y esgrimirá o no un pensamiento di-

vergente ideando procesos que hagan probables sus concepciones. Asumirá una actitud política.

Si el desarrollo intelectual alcanzado es el necesario y suficiente, inscrito en esa plena conciencia, mirará el saber tecnológico en sus tres dimensiones: Como saber de dominio racional sobre la naturaleza, de poder político sobre otros grupos humanos y de posibilidades de progreso económico y cultural; concebirá la tecnología como el saber a partir del cual derivará mejores condiciones de existencia, liberado de las determinaciones naturales. Como mirada sobre la realidad, en cuanto la mirada tecnológica asimila la extrasubjetividad a una estructura que permite la realización y la intervención artificial en el transcurrir natural, libre de potencias mágicas extrañas, y, consecuentemente, como saber a partir del cual podrá generar más y mejor saber que cualifique cada vez más el dominio sobre la naturaleza y las interdependencias con otras sociedades o saque a la suya de la dependencia tecnológica.

El saber tecnológico es fruto del quehacer intelectual del hombre, gracias a la conquista de estadios en los que ha establecido una mirada sobre el entorno diferente a la empírica e ingénuo. Ello debido a su esfuerzo por comprender los mecanismos, de ponerlos a su servicio y de domeñar la realidad extrasubjetiva. No lo obtuvo por revelación ni por ensayo y error, o cualquier otro camino en el cual no participara la formulación de un problema tecnológico, su solución y la puesta en acto de la misma. Es pues obra del hombre para servicio suyo. Sólo aquellos que no lo comprenden en todas sus dimensiones, éstos que son únicamente entrenados para el manejo de máquinas, son a quienes les caben las preocupaciones de Marcuse (7).

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. GALLEGO-BADILLO, R. El Trabajo Pedagógico. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional, 1986.
2. GOODALL, Jane. En la Senda del Hombre. Barcelona, Salvat Editores, 1986.
3. GESCHWIND, Norman. Especializaciones del Cerebro Humano. In: El Cerebro. Barcelona, Editorial Labor, 1980. P. 142 y siguientes.
4. SLOBIN, Dan. El Aprendizaje de la Lengua materna. Mundo Científico, No. 5, 1981. P. 516.
5. LURIA, A., R. El Cerebro en Acción. Barcelona, Ediciones Orbis, 1986. P. 303-304.
6. RAYNER, C. La Mente Humana. (Selección de Capítulos). Barcelona, Ediciones Orbis, 1985. P. 105.
7. MARCUSE, Herbert. El Hombre Unidimensional. Barcelona, Planeta-Agostini, 1985. P. 26.

## PRIMERA PARTE

### DE LOS DIFERENTES PUNTOS DE VISTA

Se trata de revisar las distintas concepciones que se manejan sobre técnica y tecnología, que no comprenden en sí un análisis epistemológico e histórico-crítico de este sector de la cultura universal.

#### 1. El de los Antropólogos y Sociólogos

Principalmente son los antropólogos quienes utilizan las categorías de ciencia y tecnología para cubrir con ellas los saberes elaborados por comunidades primitivas, particularmente pretecnológicas, que carecen del pensamiento matemático que se requiere para construir las ciencias experimentales modernas, tal cual como se les conoce hoy, después de Galileo y Watt.

Malinowski (1), hablando sobre los melanesios, sostiene que son expertos pescadores, industriales comerciantes y fabricantes de manufacturas, pero la horticultura es el principal soporte de su existencia. Con los instrumentos más rudimentarios, una pequeña hacha y una vara de excavar terminada en punta, son capaces de conseguir cosechas que resultan suficientes para mantener una densa población e incluso almacenar un sobrante que exportan.

Sostiene el mencionado autor que el éxito depende del extenso saber que poseen sobre toda clase de suelos, las diversas plantas cultivadas, la mutua adaptación de estos dos factores y, finalmente, el conocimiento de la importancia de un trabajo adecuado y serio.

Agrega que en medio de tales actividades y saberes se encuentra la magia; algo absolutamente indispensable para el bienestar de los huertos y como medio sin el cual no es posible la predicción, pues nadie puede asegurar qué sucederá sin ella: formas de desastres, enfermedades de las plantas, lluvias o sequías extemporáneas, cerdos salvajes y langostas podrían destruir el huerto que la magia no hubiere protegido.

Afirma que en la construcción de caños el conocimiento empírico del material, de la tecnología y de ciertos principios de estabilidad e hidrodinámica, funcionan en compañía y cercana asociación con la magia, aunque no se inmiscuyan mutuamente (2).

Esta comunidad que vive en la edad de la piedra pulimentada en el tiempo presente, sabe que una planta no crecerá por el influjo mágico solamente, o que una piragua no podrá flotar o navegar sin haber sido adecuadamente construida y preparada. El nativo nunca se fía en su ma-

gia únicamente, pero recurrirá a ella siempre que se vea compelido a reconocer la importancia de su conocimiento y de sus técnicas racionales (3).

Indica que si se entiende por ciencia un corpus de reglas y concepciones basadas en la experiencia y derivadas de ellas por inferencia lógica, no hay duda de que las comunidades salvajes menos evolucionadas poseen los comienzos de la ciencia. Reconoce que si bien esa definición no satisface a la epistemología, lo cierto es que los primitivos mientras hacen una canoa, enseñan a quienes les ayudan las reglas tradicionales y, de manera tosca y simple, haciendo uso de las manos, de trocitos de madera y de un limitado vocabulario técnico, les explican algunas leyes generales de equilibrio e hidrodinámica. No separan la ciencia del oficio; es un medio para lograr un fin. Está claro que la ciencia no existe en ninguna sociedad primitiva, en cuanto poder conductor que critica, renueva y construye. La ciencia no se hace en ellas de manera conciente (4).

Destáquese que por fuera de la epistemología, Malinowski piensa que la ciencia es un cuerpo de reglas derivadas de la empiria, que se puede hacer ciencia de manera inconciente, hidrodinámica sin las ecuaciones diferenciales del flujo continuo y que reduce la tecnología a sólo procedimientos de fabricación, por fuera del saber matemático indispensable. Se halla indudablemente en un error, como se demostrará a lo largo de esta obra.

Marvin Harris (5), criticando el esquema victoriano de progreso, la categoría de "adelante y arriba", apunta que la cultura actual no es la primera tecnología que ha fracasado. Las Tecnologías de culturas anteriores fracasaron repetidas veces y fueron reemplazadas por nuevas tecnologías. Agrega, que desde la superioridad del punto de vista de los científicos victo-

rianos, la evolución de la cultura pareció un peregrinaje por una escarpada montaña, desde cuya cima los pueblos civilizados miran hacia abajo los diversos niveles de salvajismo y barbarismo que deben superar las culturas inferiores.

Cuando el autor en referencia se pregunta las razones por las cuales algunos pueblos abandonaron la caza y la recolección, mientras que otros las conservaron, y entre los que adoptaron la agricultura, por qué algunos se conformaron con la vida aldeana y otros se acercaron uniformemente a la categoría de Estado, señala como núcleo del proceso la tendencia a intensificar la producción. La intensificación, agrega, es una periódica respuesta a las amenazas contra los niveles de vida. Ella, en ausencia de cambio tecnológico conduce inevitablemente al agotamiento del medio ambiente y a la disminución de la eficiencia productiva (6).

Refiriéndose al origen de la agricultura, puntualiza que la extinción de la megafauna del pleistoceno provocó el cambio al modo de producción agrícola. Los cazadores-recolectores levantaron las primeras aldeas permanentes para contar con un lugar donde almacenar el grano, molerlo en forma de harina y convertirlo en tortas o gachas. Sus casas, hornos, hoyos de almacenamiento y pesadas amoladoras eran inversiones que no podían abandonar fácilmente (7).

En cuanto a la diferencia entre el Viejo y el Nuevo Mundo, el autor admite que la domesticación de ovejas y cabras en el Viejo Mundo fue rápidamente seguida por la de porcinos, vacunos, camellos, asnos y caballos, animales que fueron incorporados al sistema agrícola y sentaron las bases de progresos tecnológicos adicionales. Asnos y bueyes se engancharon para arrastrar pesados arados y grandes objetos. Las cargas fueron transportadas en

primer lugar, sobre cajones sin ruedas (narrías), luego, sobre cilindros y, finalmente, sobre ruedas. Este transporte cada vez más eficiente, puso los cimientos de la ingeniería mecánica y, en consecuencia, de todas las máquinas complejas. En el Nuevo Mundo la invención de la rueda fue quizás un elemento de la alfarería y un juguete, pero su desarrollo se interrumpió por la carencia de animales adecuados para arrastrar cargas pesadas. El fracaso en desarrollar la tecnología de la rueda significó quedarse retrasado en todos los procesos de alzamiento, de acarreo, de molienda y de fabricación en los que desempeñaron un papel importante las poleas, los engranajes, las ruedas dentadas y las tuercas (8).

De las citas anotadas, se deduce que Harris asocia tecnología con los procesos de producción, para los cuales, por una necesidad de intensificación, es indispensable la invención de diferentes aparatos adecuados, independientemente del cambio en la estructura del pensamiento que se requiere para que tal hecho se dé. Aparecen o van apareciendo sin otro requisito. Se hallan ligados como condición indispensable para la supervivencia y el mejoramiento del nivel de vida. Desde su personal punto de vista, cada civilización del pasado poseyó el desarrollo tecnológico que le fue suficiente, por lo que históricamente no podría formularse la categoría de superioridad tecnológica, aún cuando sí tecnologías cualitativamente diferentes. Los análisis posteriores que se hagan, mostrarán que se halla equivocado al respecto, pues tecnología no es eso.

C. Levi-Strauss (9), estudiando la diferencia entre magia y ciencia, no las opone, sino que las hace paralelas, como dos modos de conocimiento, desiguales en cuanto a los resultados teóricos y prácticos, pero no por la clase de operaciones mentales que ambas suponen y que difie-

ren menos en cuanto a naturaleza, que en función de la clase de fenómenos a las que se aplican.

La concepción de Levi-Strauss puede ser cierta si se admite que hacer ciencia es realizar Historia Natural, cuyo objetivo es la clasificación e inventario de los seres naturales, incluyendo el enlistado de sus utilidades. Pero equivocada, cuando de ciencia experimental se trata y se analiza el papel que la tecnología juega en sus construcciones demostrativas.

Refiriéndose al Neolítico, cuando se establece el dominio sobre la cerámica, el tejido, la agricultura y la domesticación de animales, Levi-Strauss sostiene que nadie hoy en día se atrevería a explicar tales conquistas mediante la acumulación fortuita de una serie de hallazgos realizados al azar, o revelados por el espectáculo pasivamente registrado de algunos fenómenos naturales. Cita a Coghlan en lo referente a los intentos de tratar de saber lo que pasaría si el mineral de cobre se hubiese mezclado accidentalmente en un fogón, y nos cuenta que experiencias múltiples y variadas al respecto han establecido que no sucedería nada. El procedimiento más simple al que se ha llegado para obtener cobre fundido, consiste en calentar malaquita finamente pulverizada en una copa de arcilla cubierta con una vasija invertida. Este resultado indica la posibilidad de un alfarero especialista en cerámica vidriada, que trabaja metódicamente, aprisionando el azar (10).

Con respecto a este problema, cuando se traten las etapas históricas del desarrollo de este sector de la cultura, se dará una explicación convincente. Es claro que la obtención del cobre metálico a partir de los minerales respectivos no pudo ser un hallazgo fortuito, un descubrimiento.

No es admisible la afirmación que

sostiene después, de que el hombre del Neolítico es el heredero de una larga tradición científica. Tampoco la existencia de dos modos de pensamiento científico y que tanto el uno como el otro son función, no de etapas desiguales de desarrollo del espíritu humano, sino de dos niveles estratégicos en que la naturaleza se deja atacar por el conocimiento científico: uno ajustado a la percepción y la imaginación y, el otro, desplazado; como si las relaciones necesarias que constituyen el objetivo de toda ciencia, sea neolítica o moderna, pudiesen alcanzarse por dos vías diferentes: una muy cercana a la intuición sensible y la otra más alejada (11).

Los lexicógrafos de hoy suelen distinguir entre trabajos semasiológicos para insistir simplemente en el sentido general y común de las palabras; y trabajos onomasiológicos, donde se procura dar una información conceptual y especializada, con criterio enciclopédico. Normalmente los no investigadores acostumbran en su gran mayoría, consultar diccionarios que indican solamente y en forma breve el sentido general de las palabras\* (12). Consecuentemente al acudir a éstos últimos especialmente para aquellos términos que se refieren a conceptos científicos y tecnológicos, resultan ser insuficientes para precisar su estricto sentido en el uso actual. Este tipo de fuentes informativas indican los significados que circulan en el saber común y cotidiano.

En la organización de este trabajo no se hace un análisis de la información transcrita de los diccionarios semasiológico, con el objetivo de que el lector, establezca las comparaciones que estime necesarias y se de cuenta del salto epistemológico

---

\* Aclaración suministrada por el Dr. Jesús Gutemberg Bohórquez, investigador del Instituto Caro y Cuervo, Bogotá, Colombia, enero 1990.

que hay que dar para acceder, desde el saber cotidiano al científico-tecnológico.

Sobre lo anterior habría que preguntar entonces ¿qué fue lo que hicieron Galileo y Newton? ¿Para qué seguir hablando de Revolución Copernicana? Si esos saberes ya habían sido alcanzados por los hombres del Neolítico.

## 2. Desde el saber general y corriente

Se presentan las definiciones que traen los diccionarios de uso común, para tener una idea de lo que podrían manejar al respecto aquellas personas no especialistas ni estudiosas del tema y su desarrollo histórico-conceptual.

Julio Cásares (13) trae lo siguiente:

*Arte mecánica:* Cualquiera de ellas en que principalmente se necesita el trabajo manual o el uso de máquinas.

*Artefacto:* Obra mecánica hecha según arte // Máquina o aparato.

*Artesanía:* Clase social constituida por los artesanos // Arte u obra de los artesanos.

*Artésano:* Persona que ejerce un arte u oficio mecánico.

*Arte:* Virtud, poder, eficacia y habilidad para hacer alguna cosa // Acto mediante el cual el hombre imita o expresa lo material o lo invisible, valiéndose de la materia o de sus propiedades sensibles // Todo lo que se hace por industria y habilidad del hombre // Conjunto de reglas para hacer bien alguna cosa.

*Empíricamente:* Por la sola práctica.

*Empirismo:* Procedimiento fundado en una práctica o rutina // Sistema filosófico

que toma la experiencia como única base de los conocimientos humanos.

*Técnica:* Conjunto de reglas prácticas, modos y procedimientos de que se sirve una ciencia o un arte // Pericia o habilidad para usar de esos procedimientos.

*Técnico, ca:* Perteneiente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y las artes // El que posee los conocimientos especiales de una ciencia o arte.

*Tecnología:* Conjunto de los conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial // Lenguaje técnico de una ciencia o arte.

*Ingeniería:* Arte de aplicar los conocimientos científicos a la técnica industrial, a la construcción de obras públicas y a las necesidades de la guerra.

Como puede verse, según este diccionario, el ingeniero es un artesano que posee habilidades para aplicar los conocimientos científicos y que domina el conjunto de reglas prácticas, modos y procedimientos que son propios de las ciencias. La ingeniería es una ciencia aplicada. Pero como la técnica constituye el componente operativo de una ciencia, el ingeniero es entonces un técnico. En cuanto a la tecnología, al ser el conjunto de conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial, trabajo manual o uso de máquinas, la tecnología es así una colección de reglas y procedimientos para ese oficio o ese arte.

Del Diccionario Planeta 14):

*Arte:* (lat. ars). Actividad mediante la cual imita o expresa el hombre lo material o lo invisible, y mediante el ejercicio de sus facultades propias crea, copiando o *fantaseando* // Cualquier cosa hecha por industria o habilidad del hombre.

*Artes mecánicas:* Las que necesitan principalmente de las manos.

*Artesanía:* Calidad de artesano // Arte u obra de los artesanos.

*Artisano:* (ital. artigiano). Dicese que trabaja o ejerce un oficio manual o mecánico.

*Ingeniería:* Arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial en todas sus dimensiones.

*Técnica:* (gr. tekhnê). Conjunto de procedimientos de que se sirve una ciencia o un arte // Cada uno de dichos procedimientos o recursos // Pericia o habilidad en la utilización de tales procedimientos y recursos // Conjunto de medios encaminados a perfeccionar los sistemas de obtención o elaboración de productos // Conjunto de aplicaciones prácticas de las ciencias.

*Técnico, ca:* (lat. Technicum), Perteneiente o relativo a la aplicación de las ciencias y de las artes para la obtención de resultados prácticos // Persona que posee los conocimientos especiales de una técnica u oficio.

*Tecnología:* Técnica, conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto // Estado de conocimiento de la evolución de la técnica.

Aparece la tecnología reducida a los instrumentos y procedimientos del sector industrial, por una parte, y, por otra, a un estadio del desarrollo de la técnica. Esto explica por qué se habla de importar la tecnología cuando se compran aparatos, máquinas y herramientas. Desde la perspectiva adicional que introduce, podría pensarse que se trata también de una dis-

ciplina histórica que se ocupa de la evolución del conocimiento técnico, en lo referente a las artes mecánicas de las cuales se sirve y se ha servido el hombre para la obtención y elaboración de productos.

Se encuentra igualmente la idea de que la técnica es la que se refiere a la aplicación de las ciencias para la obtención de resultados prácticos. Nuevamente se ve que el ingeniero es un técnico.

De la Gran Enciclopedia Larousse (15):

*Artesanía: Calidad de Artesano // Obra de artesano.*

“El concepto y el término de artesanía son muy recientes, acuñados sobre el sustantivo artesano, de origen mucho más antiguo. Lo que actualmente se designa como producción artesanal era el tipo característico de producción anterior a la revolución industrial. En sus primeras etapas la producción artesanal sigue subsistiendo en los sectores más alejados del mercado; pero con la extensión de la producción industrial, queda cada vez más relegada a aquellas actividades que no ofrecen posibilidades de mecanización a gran escala. En los países en vías de desarrollo, la producción artesanal constituye la forma de producción más extendida. Satisface una demanda local específica”.

*Artesano:* Persona que ejerce un arte u oficio manual.

*Arte:* Acto o facultad mediante la cual, valiéndose de la materia, de la imagen o del sonido, imita o expresa el hombre lo material o lo inmaterial, y crea copiando o fantaseando.

*Artes Industriales:* Las que para la producción utilizan principalmente las máquinas y obtienen ejemplares en series.

*Técnica:* (gr. Tekhné). Conjunto de procedimientos y recursos de que se sirve una ciencia, arte u oficio.

*Técnico:* (lat. technicum, del gr. tekhnikos). Perteneciente o relativo a la aplicación de las ciencias y las artes para la obtención de unos resultados prácticos. Persona que posee los conocimientos especiales de una técnica u oficio.

*Tecnología:* Conjunto de conocimientos propios de un oficio mecánico o arte industrial.

*Tecnólogo:* Persona que se dedica a la tecnología.

No existe en el diccionario referenciado una modificación sustancial con respecto a los anteriores. Se resalta la precisión que hace de que artesanía es una forma de producción para un mercado preindustrial, propio de las épocas anteriores a la modernidad y la primera revolución científico-tecnológica, específicamente. Extiende la tecnología a las manualidades.

En la Enciclopedia Universal Sopeña (16):

*Artesanía:* Trabajo o labor del artesano y especialmente si tiene calidad artística // Conjunto o clase de los artesanos.

*Artesano:* (bajo lat. artēsanus, y éste del lat. ars, artis, artes). Persona que ejerce un arte u oficio mecánico. Suele darse este nombre especialmente a quien hace por su cuenta objetos de uso doméstico imprimiéndoles un sello personal, a diferencia del obrero fabril.

*Artesanado:* Sistema de producción desarrollado en la Edad Media, según los medios de que disponía el trabajo manual reducidos al empleo de máquinas o artefactos rudimentarios.

*Arte mecánica servil o manual:* Cualquiera de las que principalmente requieren el trabajo manual o el uso de máquinas.

*Técnica:* Conjunto de procedimientos de un arte o ciencia. Pericia para hacer uso de esos procedimientos.

*Técnico:* Perteneciente o relativo a las aplicaciones de las ciencias y artes // Lenguaje propio, exclusivo, de las ciencias y artes.

Es destacable que todavía ésta enciclopedia española conserve la denominación de servil para el arte mecánico o manual, en oposición a las artes liberales, incluyendo las que hacen uso de las máquinas. Es sin lugar a dudas un arcaísmo que no tiene cabida en la sociedad científico-tecnológica actual, pero que parece ser el punto de mira de ciertos miembros de la clase media y la burguesía agrícola terrateniente de los países iberoamericanos.

Hay que destacar, por otra parte, que tecnología es reducida por los autores al uso de conocimientos ya sean estos empíricos o científicos; por consiguiente, toda aquella persona que utilice un saber, por este simple hecho, merece el calificativo de tecnólogo. Así también, se iguala, quizás por su utilidad, los ergones salidos de la empiria y de la tecnología; una choza de paja y bahareque con un rascacielos, una carreta con un ferrocarril.

### 3. De los Estudiosos y Especialistas

Recordemos, a este propósito, algunas publicaciones recientes en su "Introducción al Desarrollo Tecnológico" 17) Felix y Darío Moreno sostienen:

*Tecnología o medio de producción:* Es un factor de fundamental importancia en la producción de cualquier artículo, que permite producir en menor tiempo lo que en

otras condiciones requeriría de más horas. Contribuye en mayor proporción al crecimiento económico de las empresas que la mano de obra y los medios de producción. (Asimila tecnología a medios de producción).

*Tecnología:* Es el uso del conocimiento necesario para la producción de bienes o para la prestación de servicios. Comprende también las aptitudes personales de cada individuo, la experiencia y los conocimientos empíricos o aprendidos por la práctica de un oficio o profesión. La tecnología está presente en todas las actividades económicas de una sociedad desde las más elementales hasta las más complejas formas de producir bienes o prestar servicios.

La tecnología existe desde las más remotas épocas históricas. Habrá tecnología, por tanto, en la producción artesanal como en la producción en serie de las grandes industrias (18).

Hay que decir al respecto que la categoría de Tecnología no puede ser un término que se use con criterio valorativo, de tal forma que cuando se diga que una práctica no es tecnológica, con dicha exclusión se esté degradando una actividad que puede ser tan útil como se quiera. Tal parece ser el caso de los autores mencionados. Ocurre igual que con la palabra ciencia. Cuando muchos desean que un saber sea reconocido, lo catalogan de ciencia, sin más. La sociedad del Neolítico y sus formas de producción, no fueron tecnológicas. Sostener lo contrario es un error epistemológico e histórico. La producción artesanal tampoco lo es.

Finalmente, parece haber detrás de la concepción manifestada, un economicismo de secano, a la vez que una visión empírica sobre la creación de conocimiento científico y tecnológico por el ser humano

siembra además un obstáculo epistemológico que pedagógicamente es difícil de superar en quienes se apegan a tales ideas.

Siguiendo con el manual, al referirse a cómo se crea hoy tecnología, sostiene que se entiende por creación de tecnología todos aquellos esfuerzos científicos y técnicos dirigidos a la obtención de conocimientos nuevos en la esfera de la producción (19).

Esta apreciación excluirá a un moderno acelerador de partículas, un instrumento de la más alta tecnología e investigación científica, que no se construye, económicamente hablando, para la producción; no sería por tanto un objeto tecnológico, pero cobijaría a la generación de conocimientos empíricos por un artesano, que por dicha razón haría un trabajo científico y técnico, por pura aptitud personal, experiencia y empiria. Hay que suponer que a lo mejor no se refiere a la ciencia moderna, la de Galileo para acá, esa que no se hubiese creado si la humanidad hubiera tomado al pie de la letra lo que F Bacon postuló al respecto (20).

Eduardo Martínez (21) reporta otro tipo de definiciones: Ciencia: Sistema organizado de conocimientos relativos a la naturaleza, la sociedad y el pensamiento. Eventualmente puede ser aplicada a la producción de bienes y servicios, pero solamente en forma indirecta y mediana.

*Técnica:* (del griego techné: arte, destreza, habilidad, artesanía - la capacidad o poder, el hábito o pericia y la virtud intelectual de una persona para hacer un producto o artefacto). Conocimiento, métodos, procedimientos habilidades para realizar una operación específica de producción o distribución, o actividades cuyos objetivos están definidos. La técnica

es conocimiento que concierne componentes individuales de la tecnología. Las técnicas empíricas son habilidades y artesanías tradicionales, conocimientos y experiencias prácticas no basados en la ciencia.

*Tecnología:* Con frecuencia, conocimiento científico, pero también conocimiento organizado en otra forma, aplicado sistemáticamente a la producción y distribución de bienes y servicios. Tecnología es el conjunto de conocimientos y métodos para la producción y distribución de bienes y servicios. La tecnología es un sistema de conocimientos técnicos: Consiste en una serie de técnicas. La tecnología incluye técnicas empíricas, conocimiento tradicional, artesanía, habilidades, destrezas, procedimientos y experiencias que no están basados en la ciencia.

*Ciencia y Tecnología:* Históricamente la ciencia y la tecnología han estado separadas. El creciente impacto de las ciencias sobre la tecnología ha conducido a la idea equivocada de que tecnología es solamente ciencia aplicada; en forma similar, la nueva tecnología frecuentemente emerge de tecnología más antigua (no de la ciencia). La tecnología antecedió a la ciencia; el hombre primitivo estaba familiarizado con diversas técnicas; la tecnología a menudo se ha anticipado a la ciencia, con frecuencia las cosas son hechas sin un conocimiento preciso de cómo o por qué son hechas. La ciencia y la tecnología entraron en estrecha interrelación durante el siglo XIX; hacia la mitad del cual estimuló la ciencia muchas invenciones, conduciendo al crecimiento de tecnologías e industrias basadas en la ciencia, como la electricidad y la química. En la época de la revolución industrial (S, XVIII y XIX), el desarrollo de maquinaria, que revolucionó la producción, fue principalmente el resultado de pesquisas empíricas.

El autor en cuestión destaca tres períodos en el rol que la ciencia ha jugado en el desarrollo de las fuerzas productivas: (I) la aplicación pre-científica de las leyes de la naturaleza a la tecnología y las fuerzas productivas. (II) la primera fase de la aplicación consciente en gran escala, de la ciencia como tal, a las fuerzas productivas (S. XIX y principios del XX). (III) la relación estrecha e institucionalizada entre la ciencia y la producción (Las Ciencias Tecnológicas).

Note el lector, en primer lugar, que el autor cae en la creencia de la aplicación, después de negarla. En segundo, da la impresión de carecer realmente de una precisión conceptual al respecto, fuera de que parece repetir las definiciones que traen los diccionarios generales. Cae igualmente en la insostenible idea de que el hombre primitivo fue tecnológico.

Alejandro Moya (22) reconoce que en la actualidad la ciencia y la tecnología están extraordinariamente interrelacionadas. Por un lado, existe una creciente cientificidad en la producción y, por otro, la ciencia misma toma un carácter tecnológico que descansa crecientemente sobre la base técnica de la experimentación, la producción experimental del laboratorio y la organización fabril. Acepta, sin embargo, que no es posible explicar las relaciones entre la ciencia y la tecnología sobre una base causal simple, antes bien, existe una relación dialéctica entre las dos.

J. Sarramona López (23) al tratar de elaborar un concepto de tecnología, citando y olvidando a la vez el concepto de logos, cae en la afirmación que tecnología es una aplicación sistemática de los conocimientos científicos para resolver problemas prácticos.

H. Maturana (24) dice que hacer cien-

cia es explicar, que la tarea del científico es producir explicaciones, mientras que la del tecnólogo es producir.

Finalmente, rastrear el origen de la concepción de aplicación lleva hasta Augusto Comte. El dice que entre los investigadores propiamente dichos, y los directores de la producción empieza a formarse la clase intermedia de los ingenieros, cuya misión es la de organizar las relaciones entre la teoría y la práctica. Ellos no se ocupan de hacer progresar los conocimientos científicos; los toman en su estado presente para deducir de ellos las aplicaciones industriales de que son susceptibles (25).

Comte, según José Manuel Revuelta (26), considera que no hay que clasificar más que las ciencias teóricas, ya que las ciencias aplicadas siempre se derivan de aquéllas y a las cuales se subordinan. Es pues puro positivismo de la más rancia estirpe.

#### 4. La distinción Griega

Para los griegos empiria era un simple hacer por experiencia. Técnica un actuar con conocimientos de causas. En este sentido, el técnico estaba por encima del empírico, al igual que los procedimientos técnicos por encima de las ejecuciones empíricas. Este estar por encima se debía al hecho de que la "tekhné" era un saber objetivo y sistematizado, con categoría de universal en cuanto se apoyaba en el conocimiento de causalidades, es decir, era explicativo y no meramente descriptivo. Por tanto, el técnico era capaz de dar explicaciones, mientras que el empírico de describir sin apuntar al "logos" de sus ejecuciones. El técnico sabía de la etiología (aitiología), de la explicación por causas. La empiria era una experiencia del hacer, eminentemente privada, particular, un tesoro al cual llegaba la persona

que la poseía por ensayo y error. No era propiamente un saber

Aristóteles (27) en el Capítulo I del Libro Primero de su *Metafísica*, sostiene que el conocimiento y la inteligencia según opinión, son más bien patrimonio de la técnica que de la experiencia, y los técnicos pasan por ser más sabios que los empíricos. En efecto, los hombres de experiencia saben que tal cosa existe; los técnicos, por el contrario, conocen el por qué de la existencia de la cosa y su causa. La superioridad de los jefes sobre los operarios no se debe a su habilidad práctica, sino al hecho de poseer la explicación y la causa. Añádase a lo anterior que el carácter principal del conocimiento consiste en poder ser enseñado. Y así, según la opinión, la "tekhne", más que experiencia, empiria, es conocimiento, porque los técnicos pueden enseñar, mientras que los empíricos no.

Galeno dirá que el hombre no es sólo un animal, sino que como propiedad específica, se define como un animal dotado de "logos", de razón. La razón o logos, por su parte, se expresa por tres actividades fundamentales: la de pensar, el pensamiento o "nous"; la de hablar o "logos" en sentido estricto; y la de hacer las cosas conforme a un conocimiento racional, la "tekhne", que los latinos llamaron "ars" y en español arte y técnica (28).

Históricamente las reflexiones sobre la naturaleza de la técnica tienen su génesis cuando Sócrates y sus discípulos inician la discusión de qué es lo que allí existe, el porqué y el cómo del ser de la "tekhne" y de los "tekhmites" o "tekhnikos". Recuérdese que Sócrates era picapedrero de oficio al igual que su padre, y su madre comadrona. Este hecho marca sus refle-

xiones filosóficas. Su método de inducir a la verdad es la mayéutica (una técnica) y sus ejemplos se refieren siempre a los técnicos. No es extraño entonces que su discípulo Platón, en el "Gorgias o de la Retórica", le reproche a su maestro que siempre habla de zapateros, curtidores, cocineros y médicos. En el "Carmides o de la Templanza", Platón llega a una identificación del poder con el saber. El poder del técnico es saber y por ello es legítimo y bueno, es decir, valioso. El saber se fusiona con la esencia y con el valor en la unidad que es la técnica. En el "Ion o de la Poesía", el "ergón" es un conocimiento, un saber, por tanto, un poder; el poder, por consiguiente, es consustancial con la técnica.

Aclárese que los griegos cobijaban bajo el vocablo "tekhne" diferentes saberes, muchos de los cuales hoy no son considerados como técnica, en sentido estricto. Así, en el "Gorgias" (28), Sócrates dice que hay técnicas que ejecutan todo lo que es de su competencia por medio del discurso y no tienen ninguna necesidad de la acción. Ellas son la aritmética, el arte de calcular, la geometría, el juego de dados y otras muchas, alguna de las cuales requieren tanto, y la mayor parte más, de la palabra que de la acción, como que toda su fuerza y el efecto que causa, descansa en los discursos. En el "Teetetes o de la Ciencia" (29) al reprocharle Sócrates a Teodoro que éste es de la opinión de que la sensación y la episteme son una misma cosa, le responde Teodoro que dejó muy pronto esas materias abstractas para dedicarse al estudio de la geometría.

En el Libro VI de "La República", Platón sostiene a través de uno de los personajes, que el conocimiento que de los seres puramente inteligibles se adquieren por la dialéctica, es más claro que el que se adquiere por medio de la técnica, que

se sirve de ciertas hipótesis como principios. Dice igualmente que las técnicas están obligadas a valerse del razonamiento y no de los sentidos. Llama conocimiento razonado al que se adquiere por medio de la geometría y demás técnicas semejantes (30).

Aristóteles en el Libro VI de la "Ética" (31), Capítulo III, cuando trata de las cinco virtudes intelectuales por las que afirmando o negando el alma alcanza la verdad, cita las siguientes: técnica, episteme, prudencia, sabiduría e intuición. En el Capítulo IV dice que toda técnica tiene por objeto traer algo a la existencia, es decir, que procura por medios técnicos y consideraciones teóricas que vengan a ser alguna de las cosas que admiten tanto ser como no ser, y cuyo principio está en el que produce y no en lo producido. El hacer y el obrar son cosas distintas, por lo que la técnica se refiere al hacer y no al obrar.

En el Capítulo VI establece una distinción importante. La episteme es aprehensión de las cosas universales y necesarias. El objeto de la episteme es demostrable, mientras que la técnica concierne a las cosas que pueden ser de una u otra manera.

## 5. Tekhne y Logos

Los griegos entendieron por episteme un saber demostrable, necesario, incuestionable y sistemático. Un saber del porqué y universal por lo necesario. Un modo

de inteligir demostrativo de naturaleza apodícticas (convinciente y decisivo).

La "tekhne" carecía estrictamente de un objeto de demostración, pues se refería a un "ergón" que podía ser de una u otra manera, es decir, no era universal. En el mundo actual esta señalización carecería de fundamentos. Así, el motor de explosión interna, por ejemplo, es una construcción teórica demostrable apodícticamente, y cualquier motor particular de este tipo que se encuentre, un ergón, no sería más que una concreción especial de "motor", un prototipo.

El "logos" se refería al "ratio", al discurso, a la palabra, al verbo. Es originalmente discusión libre sobre todas las cosas, fundamento pues, de la episteme, de la verdadera ciencia, si se entiende por ciencia no sólo los descubrimientos técnicos, matemáticos, geométricos, sino también la discusión y fundamentación teórica de los mismos (32). Se dice que Tales de Mileto, el primer filósofo es el primero en saltar del mito al logos, a la razón.

Hablar de tecnología, "tekhne-Logos" sería referirse a un salto cualitativo operado en el saber técnico, que por tal motivo ya no sería de esta naturaleza, sino un estadio discursivo caracterizado como saber epistémico, que no se halla en los instrumentos propiamente y que estarían en la estructura hipotético-deductiva que le conferiría su naturaleza. Sería una distinción necesaria para un saber que se construyó a partir de la ilustración, de la modernidad, como se demostrará más adelante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. MALINOWSKI, Bronislaw. *Magia, Ciencia y Religión*. Bogotá, Edit. Planeta-De Agostini, 1985. p. 20-21.

2. *Ibid.* p. 23.

3. *Ibid.* p. 27

4. Ibid. p. 29-31.
5. HARRIS, Marvin. *Canibales y Reyes*. Barcelona, Salvat Editores, 1986. p. V-VI.
6. Ibid. p. 3.
7. Ibid. p. 28-29.
8. Ibid. p. 34-35.
9. LEVI-STRAUSS, Claude. *El Pensamiento Salvaje*. México, Fondo de Cultura Económica, 1975. p. 30.
10. Ibid. p. 31.
11. GUTEMBERG Bohórquez, Jesús. Investigador del Instituto Caro y Cuervo, bogotá, Colombia, enero 1990.
12. CASERES, JULIO. *Diccionario Ideológico de la Lengua Española*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, tercera tirada, 1959.
13. *DICCIONARIO ENCICLOPEDICO PLANETA*. Barcelona, Salvat Editores, 1985.
14. *GRAN ENCICLOPEDIA LAROUSSE*. Barcelona, Editorial Planeta, 1973.
15. *ENCICLOPEDIA UNIVERSAL SOPENA*. Barcelona, Editorial Ramón Sopena, 1973.
16. MORENO POSADA, F. y MORENO POSADA, D. *Introducción al Desarrollo Tecnológico*. Bogotá, Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 1986, p. 10.
17. Ibid. p. 12-13.
18. Ibid. p. 93.
19. ECO, Umberto. *El Oficio de Pensar*. El País, Madrid, noviembre 5 de 1987.
20. MARTINEZ, Eduardo. *Progreso Tecnológico, Desarrollo Económico y el Estado: Japón (1945-1980)* In: V Seminario Metodológico y Planificación Científica y Tecnológica. Washington, 1982. Organización de los Estados Americanos. Bogotá, Editorial Guadalupe, 1984. p. 159.
21. MOYA, Alejandro. *Evolución de la Política Científica y Tecnológica en América Latina*. In: V Seminario Metodológico sobre Política y Planeación Científica y Tecnológica. Washington, 1982. Organización de los Estados Americanos. Editorial Guadalupe, 1984. p. 11.
22. SARRAMONA LOPEZ, J. *Ciencia y Tecnología en Educación*. Tecnología Educativa, Vol. 8, No. 2, 1983. p. 110.
23. MATURANA, Humberto. *Fenomenología del Conocer*. Tecnología Educativa, Vol. 8, No. 3/4, 1983. p. 228.
24. COMTE August. *Curso de Filosofía Positiva (Lecciones 1 y 2) y Djscurso sobre el Espíritu Positivo*. Barcelona, Ediciones Orbis, 1984, p. 56.
25. Ibid (Prólogo). p. 11.
26. ARISTOTELES. *Metafísica*. Madrid, Editorial Espasa Calpe, 1981.
27. LAIN ENTRALGO, P. y LOPEZ PIÑERO, J. Ma. *Panorama Histórico de la Ciencia Moderna*. Madrid, Ediciones Guadarrama, 1963. p. 61.
28. PLATON. *Diálogos*. Tomo II. Bogotá, Ediciones Universales, 1984. p. 175.
29. Ibid. Tomo III. p. 31.
30. PLATON. *La República*. Bogotá, Ediciones Universales, 1984. p. 233.
31. ARISTOTELES. *Etica Nicomaquea*. Medellín (Col.), Editorial Bedout, 1982. p. 124-128.
32. ALEGRE GORI, Antonio. *Historia del Pensamiento*. Fascículo 2. Barcelona, Ediciones Orbis, 1983, p. 23.

## SEGUNDA PARTE

### CONSTITUCION HISTORICA DEL SABER TECNOLOGICO

Negando la creencia ingenua y positivista que toma a la tecnología como ciencia aplicada o una aplicación de las ciencias, así como también aquella que sostiene que en el pasado remoto hubo tecnología, se pasará ahora a desarrollar una temática que esclarecerá epistemológicamente el campo, constituyéndolo en una problemática de investigación, que desembocará en un racionalismo activo. Para tal efecto se aportará una panorámica histórica que contribuirá a dilucidar las relaciones dialécticas existentes entre ciencia experimental y tecnología. Se estudiará pues la trama racional que hizo posible la construcción de la tecnología como saber constructivista.

#### 1. CRITERIOS DE ANALISIS

En una visión crítica del desenvolvimiento intelectual y social de la humanidad que va a conducir a la tecnología (tekhnê - logos), se pueden destacar tres etapas: la empírica, la técnica y la tecnológica propiamente dicha. Para dicha taxonomía (taxis, buen orden) es preciso recurrir en gracia de análisis lógico, a los siguientes conceptos: Material, Proceso, Herramienta y Discurso.

*Material:* Tomado como materia para hacer algo. Es lo físico en oposición a lo espiritual, que debe someterse en plasticidad a los delineamientos del proyecto de construcción que la mente ha concebido, y desde la cual existe como material. Hace así referencia a toda materia susceptible de ser trabajada y cuyas propiedades físicas y químicas son adecuadas para la realización de un ergón formulado desde un orden geométrico-dinámico que satisface una necesidad o un interés intelectual.

Incluye la idea de materia prima, como aquella que interviene por transformación o a nivel bruto en el proceso de fabricación.

*Proceso:* (lat. processum). Conjunto de procedimientos estructurados según una matriz operacional, que ligados a las propiedades fisicoquímicas del material o materiales, y al proyecto de construcción, hacen posible la concreción ergónica de la idea. Se da por supuesto que el proceso es adecuado y que conducirá, dentro de los límites de precisión fijados, a la meta propuesta. Es el actuar metódico y excluye el tanteo y el ensayo y error.

*Herramienta:* Si bien con este vocablo se hace referencia a artefactos generalmente de hierro que extienden la acción de las extremidades superiores, generalmente, multiplicándola en potencia, aquí se extiende, en gracia de la taxonomía, a la categoría de instrumentos que pensados desde el proyecto y sus procesos, y contruidos de conformidad con el trabajo en el cual serán empleados, poseen resistencia mecánica, dureza y solidez que superan a las correspondientes de los materiales a transformar. En este orden de ideas es menester hacer referencia a la "economía de las herramientas", en cuanto deben poseer un significativo período de vida media alto.

*Discurso:* Lo que no es intuitivo. Es el logos que da cuenta, y describe, en un todo coherente conformado por proposiciones lógicas, de las razones del ergón, el material, el proceso y la herramienta.

Para efecto del análisis que aquí se propone, se admite la existencia de dos clases de discursos: El descriptivo puro, que se limita a un relato pormenorizado de características externas, apreciables a simple vista, que identifican a los materiales y al ergón y las sucesivas etapas, en su

orden, del proceso. Habla del cómo sin dar cuenta del por qué. El explicativo, responde a las preguntas causales haciendo referencia a las razones por las cuales los materiales presentan las propiedades que los caracterizan y como se integran éstas en las pensadas del ergón, inscribiéndolo a su vez en el entorno de las interrelaciones que el hombre plantea con la naturaleza y con la sociedad. En cuanto al proceso, éste se deriva lógicamente del proyecto y se dice por qué es ése y no otro el requerido para producir el ergón. De esta manera cada etapa se halla explicitada y concatenada discursivamente con las demás.

Los discursos explicativos pueden a su vez, ser clasificados en:

*Ideológicos:* En sus proposiciones los sustantivos (nociones), están cargados de sentimientos, aptitudes, pareceres y sentires estrictamente humanos. Las nociones llevan detrás o se apoyan generalmente en imágenes antropomórficas asimilando las cosas y acontecimientos materiales a los actos humanos, como única forma de comprenderlos (1).

Se dividen en mitológicos, teológicos y políticos. El saber común o cotidiano es la forma más elemental de los discursos ideológicos. En cada uno de estos discursos las nociones adquieren particularidades, teniéndose entonces nociones mítico-mágicas, teológicas, políticas y cotidianas.

El discurso cotidiano (saber común y cotidiano) se distingue de los demás por la inmediatez y el utilitarismo oportunista a ultranza con los cuales valida sus proposiciones. La causalidad, si así puede llamarse, está restringida a las percepciones sensoriales inmediatas; lo que se ve, lo que se oye y lo que se toca. Se halla cargado de analogías, metáforas e imá-

genes de la realidad que se aceptan y circulan dada la utilidad inmediata que reportan en términos de la satisfacción de apetitos. Es un sistema ávido de ejemplos concretos, de referencias a las cosas que se dan en el mundo sensorial conocido única forma de existencia de la realidad o, mejor, única realidad.

*Filosófico:* Los sustantivos (categorías) poseen referentes abstractos, por lo que no se refieren a "cosas".

*Artístico:* Comprende el conjunto de ideas estéticas que se hallan expresadas en las obras pictóricas, escultóricas y musicales.

*Literario:* Se encuentra inmerso en cada obra que se catalogue como tal.

*Científico:* Los sustantivos en las explicaciones científicas son conceptos, generalmente métricos o magnitudes, especialmente en las ciencias experimentales, que por la trinidad de componentes inherente a la estructura que los conforma, se encadenan matemáticamente con significado experimental, para dar cuenta de las fenomenologías englobadas en los objetivos de estudio o investigación.

Al igual que las categorías filosóficas, los conceptos científicos, aprehendidos en el contexto de las construcciones fenomenológico-técnicas, son abstracciones para las cuales no es posible una representación pictórica. No es factible hacer un dibujo de fuerza o energía.

*Tecnológico:* Construido con conceptos científicos métricos, cada una de sus proposiciones apunta a la explicación científico-tecnológica de las fenomenologías imbricadas en los objetos de conocimiento que le son propios. Por ésto es por lo que es factible afirmar que una máquina cualquiera, por ejemplo, no es sólo un ar-

tefacto que sirve para realizar un trabajo operándola de determinada manera, sino que se halla cruzada, penetrada, impregnada de explicaciones, cuyo conjunto recibe el nombre de pensamiento tecnológico, que explica y describe.

## 2. Etapas Históricas

*La empírica:* El camino de la civilización lo inicia el hombre con el dominio del fuego y la creación de un lenguaje articulado. Con el fuego, quien le alumbró la ruta hacia la humanización, coció y endureció los utensilios de barro, desarrolló el horno y se volvió alfarero. Aprendió por ensayo y error que las rocas calentadas y enfriadas inmediatamente, se rompían fraccionándose en varios pedazos. Con esta experiencia elaboró las primeras herramientas de piedra (2).

Esta etapa se caracteriza porque el material se encuentra en la naturaleza y hasta sólo con el proceso de recolección mediante una observación detallada, para tenerlo a disposición. En cuanto al proceso, la piedra se pule frotando una contra otra. El hueso se afila de manera semejante. Al barro, saturado con agua y amasado con las manos o los pies, se le da la forma deseada manipulando la mole mientras se le hace rotar sobre sí misma. Agua y fuego son dos elementos del proceso. La herramienta, las manos, la madera y los litoinstrumentos. El hombre es un artesano en términos económicos y epistemológicos.

El discurso es estrictamente descriptivo-utilitarista. Manipulan esperando sacar el algo que desean, el cual, si es encontrado, se convierte en una riqueza, un tesoro personal o familiar. Un secreto cuyas leyes son desconocidas, no formuladas, sabiéndose únicamente la sucesión

de pasos y las características externas del material, así como el lugar donde recolectarlo.

Es un saber que se guarda y se transmite de padre a hijo de generación en generación sin modificaciones sustantivas. Es eminentemente oral. Las explicaciones, cuando las posee, son mítico-mágicas y cotidianas. Los materiales, seres concientes, que nacen crecen, sufren y hay que tratarlos como personas. "...los ñames son personas: tienen hijos como las mujeres" (3).

*La técnica:* Surge con la obtención del cobre hace por lo menos 10.000 años, durante la última época del paleolítico. Los minerales de donde se obtuvo el metal por fusión, fueron la malaquita y la azurita, carbonatos de cobre verde y azul, respectivamente. El hombre pasó de alfarero a metalurgista. Se dará la edad del cobre y vendrán la del hierro y la del bronce.

La fundición de los minerales citados no pudo ser un hallazgo al azar, como se suele ingenuamente creer. Las hipótesis basadas en esta idea, no han podido ser demostradas experimentalmente. Un trozo de azurita arrojado a un fogón, no funde dejando aparecer el chorro de metal.

Se hace necesario, como ya se mostró en un apartado anterior, otro tipo de planteamiento. La obtención del cobre metálico es la culminación de una larga reflexión surgida a raíz de la pregunta sobre las razones por las cuales, en el caso de la alfarería, el fuego cambiaba las propiedades del barro. Una especulación de carácter teórico que guió un hacer que, sin lugar a dudas, no pretendió obtener cobre líquido.

Si bien es dable admitir el remoto deseo de contar con utensilios y herramientas más resistentes, con un amplio espec-

tro de uso, si se mira el problema desde la perspectiva del pragmatismo oportunista, no es creíble que ésta haya sido la preocupación central que condujo a la obtención del metal puro. Es posible que un puñado de "intelectuales", robándole horas a las actividades productivas, se dedicaron a curiosear en el horno, potenciando los efectos del fuego sobre diferentes rocas y minerales. A lo mejor, y aquí hay que especular, deseaban saber qué cambios en la colaboración y en la dureza se darían. La malaquita y la azurita eran piedras preciosas que estaban a la mano. El hombre se volvió técnico y saltó a una nueva etapa histórica.

Ella se caracterizará porque el material, en estricto sentido científico-técnico, no se encuentra en la naturaleza. Para disponer de él es indispensable interponer entre la materia natural, que será a partir de ahora materia prima, y el material requerido para el trabajo técnico, un procedimiento de obtención y purificación, fruto de una praxis que no se adquiere por la simple inspección u observación detallada de la naturaleza, de lo que sucede en el mundo. Aparecerá también como necesidad de la razón, el concepto de recurso natural, algo que sólo existe realmente, a la luz de un pensamiento técnico sobre el entorno. El empírico artesanal sólo ve piedras, arena y árboles, así nade en un mar de riquezas potenciales.

En cuanto al proceso, se da un cambio revolucionario, que lo aparta del de la alfarería. El procedimiento técnico de obtención y purificación del material no se agregó al actuar empírico desarrollado con la cocción del barro y la fabricación de tazas y jarrones. Fue necesario la creación de un proceso integrado totalmente diferente, que incluyó la fabricación de fuelles, crisoles y matrices de fundición, así como el de forjado para obtener las

formas diferentes con la resistencia mecánica requerida. Desaparecieron definitivamente las manos como herramientas directas. De hecho, el alfarero para poder ingresar al taller de fundición y forja, debía sufrir un aprendizaje, pues la experiencia anterior no le servía. El sólo mirar hacer, el observar cuidadoso, tampoco. Se había creado un saber y un maestro que lo enseñara. A partir de ahora, el diablo sabrá por diablo, no por viejo.

Surge en la historia un oficio de avanzada. El desarrollo de la metalurgia instauró y permitió la construcción de herramientas metálicas: limas, sierras, hachas, martillos, yunques, tenazas... y armas más mortíferas. Ella posibilitará con el correr de los tiempos, hace unos siete mil años, la consolidación de la civilización del regadío, la invención de la rueda como herramienta. Primero en Mesopotamia, después en Egipto y en el Valle del Indo y finalmente en China (4).

La civilización del regadío generará la división del trabajo, dada la necesidad de mano de obra especializada, consolidándose el técnico. Es la civilización que urbanizará la superficie terrestre y que merced a la concentración de la riqueza y las actividades mercantiles, exigirá la creación de la escritura y la aritmética y, luego, con las edificaciones, la geometría práctica que después los griegos elevarán a la categoría de saber axiomático.

El discurso técnico por su parte, fuera de la descripción metódica del hacer, requerirá de conceptos comparativos y se elaborarán escalas de colores para determinar cuando el metal incandesciente tiene las propiedades requeridas. Surge la explicación causal referida a la misma naturaleza del proceso y del material, aun cuando se conserven todavía las referencias mítico-mágicas que sólo la "ratio" griega intentará derrotar. No es extraño,

por ejemplo, que el lenguaje alquímico esté plagado de manipulaciones metalúrgicas, tomadas en sentido alegórico. Un discurso sobre la transmutación que no hubiera sido posible sin la invención del saber técnico. La transformación del hombre y del mundo está en poder de la mente humana.

*La tecnología:* De los saberes acumulados por las civilizaciones anteriores, los griegos técnicos y comerciantes de las colonias jónicas (5), partieron para dar comienzo a las constituciones teóricas que desembocarán en el Renacimiento, con las ciencias experimentales, propiamente dichas. De ellos ya se dijo que axiomatizaron la geometría empírica de babilonios y egipcios.

Alexandré Koyré (6) en un ensayo sobre la temática del paso de la técnica a la tecnología, precisa por qué la ciencia griega no pudo dar nacimiento a una verdadera tecnología. Afirma que en ausencia de una física, una tecnología es rigurosamente inconcebible. En efecto, sostiene el autor, la Física, tal cual como hoy la trabajamos, quiere decir aplicar a lo real los conceptos precisos y exactos de la matemática y, en primera instancia, de la geometría axiomatizada, la de Euclides y Arquímedes. Pero querer aplicar la matemática al estudio de la naturaleza es para los griegos un error y un contrasentido. En la naturaleza no hay círculos, eclipses o líneas rectas. En el mundo sub-lunar no hay ente que pueda encarnar los seres matemáticos. En todas partes se da la imprecisión, el casi, el más o menos.

Koyré apunta que es indispensable para tal efecto, una revolución intelectual, un cambio en la concepción del mundo que vea su posible matematización y la lleve a cabo. Esa revolución necesaria la va a causar el cambio en la concepción del movimiento, una transformación intelectual

que dará nacimiento a la ciencia moderna, la nueva ciencia, según el pensar de Galileo, con la cual la precisión del cielo descenderá a la tierra.

Luego afirma el mismo autor en referencia, que la historia de la Edad Media muestra que el pensamiento técnico de sentido común no depende del pensamiento científico. Para ello es preciso que la EPISTEME lleve a cabo una conversación, una transmutación de la TEKHNE. Que le introduzca en el fondo la precisión matemática con el fin de que sufra la mutación

Cuando se estudian las máquinas de los siglos XVI y XVII reales o proyectadas, puntualiza Koyré, impresionan por el carácter aproximado de su estructura, de su funcionamiento, de su concepción. Nunca están calculadas. Es que el hombre de la Edad Media y del Renacimiento no sabía calcular, no disponía de ningún lenguaje algebraico. Son obras técnicas, no tecnológicas.

Para establecer la diferencia entre el hombre de la Edad Media y el actual, cita Koyré a L. Febvre, para decir que quien no calcula, quien vive en un mundo en donde las matemáticas aún son elementales, en el subdesarrollo, no tiene formada la razón, de la misma forma que el hombre, todavía ignorante, incapaz por sí mismo o indolente para resolver una ecuación o para hacer un problema algo complicado, pero que vive en una sociedad plegada en su conjunto al rigor del razonamiento matemático, a la precisión de los métodos del cálculo, al elegante rigor de las demostraciones matemáticas. Para ser tecnólogo en serio, hay que ser rigurosamente matemático.

Se ve pues que la Etapa Técnica está signada por la carencia de matemática,

de precisión matemática. Es un saber guiado por el tanteo, por el "más o menos" y, por consiguiente, por la ausencia de una teoría Física que incorpore al hacer una epistemología de la medida.

En el caso de Colombia, se "chambonea". Todo porque se vive en un contexto social que escapa a la precisión, que no ve la necesidad de ajustarse a la exactitud. La vida cotidiana se mueve en el más o menos del tiempo vivido. Es una sociedad arcaica y obsoleta dominada por el esquema campesino del mundo que adecua su existencia a los avatares de los fenómenos naturales. Se levanta con la salida del sol, almuerza al mediodía y se acuesta con el ocaso.

Retornando a Koyré, hay que reconocer que, no obstante la imprecisión dominante, el hombre técnico desarrolló, inventó, adaptó descubrimientos antiguos a las necesidades nuevas. Creó y desarrolló herramientas y máquinas con medios rudimentarios, a menudo.

Cómo ocurre la introducción de la Episteme en la Technê? Antes que Galileo, Leonardo Da Vinci intuye que el saber científico sólo es posible constituirlo apoyándolo sobre los conocimientos de los técnicos, la verdad científica tenía que ser contruida a la manera de las máquinas; sin embargo, no dará con la naturaleza del experimento, con el procedimiento demostrativo del saber científico, lo que sí va a hacer Galileo. El crea "le esperienza sensate e le dimostrazione necessarie"; es decir, la experiencia construida y la demostración matemática. Su método parte de una construcción a priori que luego se demuestra con el experimento. Galileo concibe la realidad aparente en una idea matemática: a continuación crea una serie de experimentos sencillos y mediativos que deben demostrar la ley matemática concebida. Pero para llevar a

cabo los experimentos son indispensables los instrumentos, que aportará en su construcción el saber técnico, pero introduciéndole la precisión de la matemática, con el fin de que sean matemáticos y sirvan para la demostración correspondiente. Galileo entendió que los instrumentos servían para hacer observaciones objetivas y cuantificables, transformándolas en medida.

Este hecho no fue gratuito. Galileo era un técnico en relojería. Desde muy joven se destacó por su habilidad mecánica. En su juventud su pasatiempo favorito fue la construcción de juguetes mecánicos. En sus clases particulares y en sus lecciones universitarias se encaminaba a resolver problemas técnicos y problemas cotidianos. Escribió un tratado sobre mecánica en el que describe máquinas sencillas como la palanca, la polea, el tornillo y el plano inclinado (7). En esto se vincula Galileo a la tradición de los geómetras mecánicos de la escuela de Alejandría. De ahí pues que no resulte extraño que haya demostrado la ley de la caída de los graves usando el plano inclinado, haya inventado el termómetro y el telescopio, perfeccionando el catalejo diseñado y patentado por Hans Lipperhey el 2 de octubre de 1608. Galileo lo hizo pasar de 3 a 8 luego a 29 y 30 aumentos.

Se dice que Galileo tan pronto recibe la noticia del "anteojo que acerca" de los holandeses, hace la teoría. Y es a partir de esta teoría, insuficiente pero teoría, como, llevando siempre más lejos la precisión y las posibilidades de las lentes, construye la serie de sus "perspicilles" que entrega a los y a la mente del hombre, la inmensidad del cielo (8).

Los artesanos holandeses, sostiene Koyré, no hicieron nada parecido a lo de Galileo, porque no tenían en la mente la idea de INSTRUMENTO que inspiraba y

guiaba al creador de la Física. Para ellos se trataba de un aparato con finalidad práctica y no un instrumento óptico. Hacían un útil, una herramienta, según las reglas tradicionales del oficio. Es decir, algo que prolongaba y reforzaba la acción de la vista, algo que pertenecía al mundo del sentido común y que nunca podía ir más allá de éste.

Con Galileo se transforma en un instrumento, una encarnación del espíritu, una materialización del pensamiento que geometriza, calcula y mide. Y para hacer esto, para la concreción de la idea rigurosa y precisa, era necesario construir máquinas más precisas, máquinas matemáticas, que presuponen la sustitución en el espíritu de los inventores del mundo del "más o menos" por el de la precisión. Nace el problema tecnológico de la realización efectiva del "modelo teórico" que lo ha concebido. Se le inculca a la Tekhné las reglas de la precisión de la Episteme. Es pues en la construcción de los instrumentos verdaderos, donde nace el pensamiento tecnológico, según Koyré.

La unión, el matrimonio entre las reflexiones sobre el universo como fenomenología y la matematización de la Tekhné, hará que nazca la nueva ciencia y que la técnica sufra la mutación que recibirá el nombre de tecnología. A partir de ese momento no podrán dejar de caminar juntas; ciencia experimental y tecnología para producir las diferentes revoluciones científico-tecnológicas. No se podrá hacer ciencia sin hacer tecnología y viceversa. Se inicia una nueva era, el hombre se vuelve tecnólogo.

La etapa tecnológica se caracterizará, en su pleno apogeo, porque los materiales serán creados en los laboratorios no siendo estrictamente necesario ir a la naturaleza a encontrar de donde extraerlos. Los materiales son productos de la inves-

tigación científico-tecnológica. Materiales no naturales, artificiales, cuyas propiedades existen teóricamente y así son planteadas, de acuerdo con los requerimientos de las hipótesis tecnológicas. Los países exportadores de materias primas, que existían así porque las naciones desarrolladas las concebían como tales, no los subdesarrollados, se quedaron sin mercado para dichas riquezas.

Las herramientas ya no serán simples aparatos, se constituirán en instrumentos, máquinas-herramientas (9). Incluso, el término herramienta, como fue concebido inicialmente, ya no será aplicable. En la etapa técnica las habilidades y destrezas manuales constituían requisitos indispensables y las herramientas objetos técnicos que las amplificaban. En la tecnología las que dominan son las intelectuales desde el espíritu de las matemáticas, la física, la química y las máquinas se convertirán en extensiones parciales del cerebro humano, generándose la robótica; las máquinas-instrumentos de alta precisión, cuerpos teóricos hechos materialidad.

El discurso tecnológico, modelos lógico-mecánicos de los sistemas tecnológicos, el objeto de conocimiento e investigación-construcción.

### 3. La Supervivencia de las Etapas

Las etapas planteadas coexisten en la actualidad en razón de que en este sector de la cultura universal, a diferencia del de las ciencias y en semejanza con lo artístico, no se rompe con las construcciones anteriores. Las formas superiores de mejor elaboración conceptual no desplazan a las primitivas, socialmente hablando. Los hombres que no adquieren formación técnica se dedican a la empiria de lo artesanal, con su carga de intuiciones. Los tec-

nólogos requieren de por lo menos 12 años de formación universitaria en centros de investigación. Por otra parte, los técnicos incorporan la medida y los instrumentos de precisión a sus quehaceres mecánicos, en cierta forma, por debajo de la tecnología.

#### 4. La indispensable reseña histórica

Los antecedentes del conocimiento científico se encuentran en el pensamiento de los materialistas de la antigüedad griega, con la máxima: El mundo es cognoscible por naturaleza.

Tanto en Egipto como en Babilonia la astronomía y la geometría habían adquirido un desarrollo temprano. La medición del tiempo y los calendarios habían sido trabajados. Los arquitectos y los agimenesores hacían uso de ese conjunto de reglas prácticas que constituían el cuerpo de la geometría (medición de la tierra). Técnicas basadas en técnicas.

La máxima conquista de la racionalidad griega se encuentra en la firme creencia de que todo aquello que sea susceptible de ser pensado por el hombre, es realizable en la práctica.

En las colonias jónicas fue donde la cultura asiática entró en contacto con la griega. Fue en Mileto el lugar en el cual floreció por primera vez lo que se ha denominado la ciencia jónica. Tales, 640-546 a. C., el primer filósofo con nombre registrado, un comerciante en aceites, técnico en astronomía y en agrimensura, es geómetra, agricultor, navegante y arquitecto. En sus reflexiones sobre la naturaleza de las cosas llega a la conclusión de que el agua es un elemento indispensable. Sus conocimientos al respecto proceden del estudio del delta del Nilo. Propondrá como principio de todas las cosas el agua.

Se evapora y se convierte en aire; el fuego se mantiene gracias a la humedad; el agua se transforma en tierra.

Tales dirigió una escuela de náutica; construyó un canal para desviar las aguas del Halis; estableció los primeros de la geometría deductiva e intervino intensamente en actividades políticas, aconsejando en la Asamblea Panjónica la unidad ante el peligro persa.

Anaximandro, 611-547 a. C., otro filósofo de Mileto, a quien se le atribuye la invención del reloj del sol, navegante, técnico, geómetra, astrónomo y geógrafo, fue discípulo de Tales. Es quien da por primera vez en la historia el nombre de COSMOS al mundo, orden establecido, constituido por una esfera con tres anillos estelares formados por las estrellas, el sol y la luna. Formuló una teoría de la materia imperecedera: no tiene principio por que no puede tener fin. Enseñó la oblicuidad de la eclíptica y demostró que la tierra es redonda y que la luna recibe la luz del sol. En la exposición de su pensamiento recurre al mundo de su estricta vivencia económica.

Anaxímenes, murió hacia el 480 a. C., otro filósofo de Mileto, a quien se le atribuye el perfeccionamiento del cuadrante solar, técnico dedicado a la industria del fieltro, su vocabulario filosófico está tomado de sus experiencias en este proceso. Creyó que toda la materia tiene su origen en el aire y que todas las cosas se derivan de él por comprensión y dilatación. Propuso que el cambio cuantitativo, mayor o menor densidad, lleva en sí el cambio cualitativo y da lugar a la diversidad de la realidad material.

Hay que puntualizar en estos filósofos jónicos su concentración en el problema del cambio, y como sus experiencias en el campo de la "tekhne" fueron importan-

tes, gracias a ellas supieron sacar conclusiones generales sobre la constitución y evolución de la materia, sentando las bases para el posterior desarrollo del pensamiento científico. Por sus estrechos contactos con la vida material y técnica, provocaron una fuerte oposición en las ciudades-estado esclavistas (10).

Por otra parte, al mismo tiempo que se desarrolla un pensamiento filosófico materialista de base técnica, que busca la explicación del cosmos en el mundo mismo, surge entre la clase oprimida el orfismo; concepción que preconiza la separación del alma del cuerpo, con el fin de salvar aquella de la opresión física. Al darse una clase comerciante democrática, intermedia entre la aristocracia y los trabajadores manuales, que trata de ubicarse favorablemente en la sociedad, oponiéndose a la primera, adopta el orfismo. Pitágoras pertenece a una familia de este tipo.

Sin embargo, los pitagóricos fueron transformando sus concepciones políticas hasta que, con el desarrollo de la esclavitud, abandonaron por completo sus ideas de una lucha de clase popular. El asentamiento del esclavismo aleja a estos hombres de la técnica y del trabajo directo con la materia, convirtiéndose en críticos acérrimos del conocimiento sensible y enemigos de quienes lo defendían. Con ellos se origina el pensamiento idealista que tendrá su más alto exponente en Platón.

La influencia que ejercieron sobre la juventud noble robusteció el sentido aristocrático, agriando las relaciones entre la nobleza y el pueblo. Pitágoras en la guerra de Cretona con Sibaris aceptó el reto en nombre de la aristocracia de la primera. Se libró una batalla sangrienta junto a las aguas del Trianto. Los pitagóricos no hicieron prisioneros. Pasaron a cuchillo a todos los vencidos. Sibaris fue arrasada.

Aristóteles, discípulo de Platón, que establecía distinciones entre los técnicos, va decir que a los esclavos se les debe enseñar ciertas artes, como la de preparar las viandas o cualquier otra de este género, puesto que unos servicios son más estimados o más necesarios que otros(11).

Se pregunta si los operarios deben tener más virtud y habla de la gran diferencia entre el esclavo y el obrero, diciendo de éste que no debe tener más virtud que la exige la esclavitud, ya que el trabajo del obrero es en cierto modo una esclavitud limitada. Aclara que la naturaleza hace al esclavo pero no hace al zapatero ni a ningún otro operario (12).

En el Capítulo III de La Política discute el estagirita la cuestión de si o no deben ser ciudadanos los artesanos. Dice que trabajar para un individuo en las cosas indispensables de la vida, es ser esclavo; trabajar para el público es ser obrero y mercenario. En algunas constituciones los obreros mercenarios podrán ser ciudadanos, pero en el Estado Aristocrático, en el cual el honor de desempeñar funciones públicas reservado a la virtud y a la consideración, no podrán serlo. El aprendizaje de la virtud es incompatible con la vida del artesano y del obrero. En las Oligarquías el artesano puede llegar a ser ciudadano si adquiere fortuna (13).

Se han intercalado estas notas para mostrar al lector la desestimación social en que cayó la "tekhne" en la sociedad griega. Anteriormente no ocurría así. En Atenas, antes de la aristocracia, en tiempos de los buenos reyes, cada individuo practicaba el oficio para el cual se hallaba calificado por sus aptitudes físicas e intelectuales. Existían hijos de reyes que se preciaban de ser labradores; hijas de grandes señores se enorgullecían de lavar bien la ropa (14).

Retornando al hilo conductor inicial, Jenófanes, 430-355 a. C., es el heredero y transmisor de la filosofía y "physiología" jónicas. Fundador de la Escuela de Elea. Militar y agricultor en el destierro. Sus conocimientos técnicos lo llevaron a afirmar que todo se origina en la tierra y todo parece en ella, y esta tierra se encuentra mezclada con el agua. Es conciente del papel del hombre en la historia: es el hombre mismo el que descubre las cosas con el tiempo; los dioses no se las revelan. Escribió dos ensayos técnicos: "De la equitación" e "Hiparco".

Anaxágoras, 500-428 a. C., llevó a Atenas la ciencia jónica. Contemporáneo de Empédocles y Leucipo, se disputa con éste la invención del atomismo.

Realiza una serie de demostraciones técnicas fáciles para hacer accesibles las teorías científicas en general y para defender la bondad de la percepción sensible. Su pensamiento se acerca a las actividades manuales. Se le atribuye el aforismo según el cual el hombre tiene inteligencia porque tiene manos (15). Creyó que de una sola mezcla primitiva se separaron selectivamente partículas homogéneas, sin límites en cuanto a número. Todas las cosas estaban de antemano en todas y se caracteriza cada una como particular por lo que en ella predominaba (16). En Anaxágoras "cosa" tiene el sentido de "cosa de lo que se hace algo", sujeta a diversificaciones y cambios no entitativos como separarse de, mezclarse con.

De familia noble, Anaxágoras vivió apartado de los asuntos políticos. En Atenas tuvo como discípulos a Pericles, Eurípides, Arquelaos y, quizás, a Sócrates. Sostuvo que Dios no mueve el mundo con la vista puesta en un fin supremo, el Bien, sino por un encadenamiento de efectos mecánicos. Se vió envuelto en un

proceso por impiedad. El motivo de la coalición contra él formada por la oligarquía sacerdotal y elementos radicales de la nobleza y el pueblo, no fue otro que haberse atrevido a afirmar públicamente que el sol no era un dios sino una masa incandescente. Lo anterior y su racionalismo de base técnica, lo hizo impopular. Condenado y más tarde liberado, gracias a la elocuencia de Pericles, fue expulsado de Atenas, retirándose a Lampsaca, donde murió.

Leucipo, 460-370 a. C., nacido en Mileto, estudió con Zenón de Elea. Fundó y dirigió una escuela en Abdera. Su discípulo, Demócrito, originario de esta última ciudad, amplió y desarrolló la teoría atomística de su maestro. Demócrito es contemporáneo de Sócrates.

Según Leucipo las cosas son infinitas en número y están en interacción mutua. El todo es un vacío lleno de cuerpos. Se forman universos de éstos cuando caen al vacío, y se unen entre sí según formas circulares. Se le considera el fundador del materialismo mecanicista.

Demócrito, 460-370 a. C. Aprendió de los caldeos teología y astrología. Viajó a Egipto para aprender geometría con los sacerdotes. Se adhirió al materialismo mecánico y sostuvo que todo conocimiento procede de las sensaciones, pero puede elevarse más allá de ellas por la razón. Se conserva de él citas como: "En realidad de verdad nada sabemos; que la verdad está en lo profundo". "Preferiría haber encontrado una sola explicación por causas más que llegar a ser rey de los persas" (17). Aquí se nota la preferencia de un físico: explicación por causas, frente a la de los principios de los filósofos puros. La historia de las ciencias experimentales irá a demostrar la fecundidad de dicha preferencia.

Con Leucipo y Demócrito se entra en la etapa histórica en la cual el materialismo jónico se vuelve contra la aristocracia, planteando la lucha ideológica. El dualismo órfico, salido del pueblo, arremete contra la clase que le dio origen. El idealismo es acogido por la clase dominante.

El materialismo, defensor de la "tekhnê" y las manualidades, va a ser condenado al ostracismo. Sócrates, artesano hijo de artesanos, será acusado de corruptor de la juventud y condenado a beber la cicuta. De los materialistas se conservarán sólo fragmentos y referencias, como si sus escritos hubiesen sido sentenciados a la destrucción. El determinismo mecánico por ellos intuído más no de sarrollado, tendrá que esperar a Descartes y a Newton.

El último eslabón de la Escuela Jónica es Epicuro. Presintiendo la futura aparición de la máquina automática, sueña con el tiempo en que las naveas marcharán solas. "Si cada herramienta pudiera ejecutar por sí misma el trabajo que le corresponde, como en otro tiempo las obras maestras de Dédalo se movían solas, el patrón no tendría necesidad de compañeros ni el amo de esclavos" (18).

Es el heredero de una teoría en la cual no intervienen más que valores puramente racionales de explicación, límpios de las cifras mágicas de los pitagóricos o de las facultades espirituales de Parménides.

Epicuro (341-270 a. C.) mientras estuvo en Samos vivió pobremente trabajando como maestro de escuela en una granja. Tenía 35 años cuando llegó a Atenas por segunda vez, hacía cuarenta años había muerto Platón. Para entonces Jenócrates dirigió la Academia y Aristóteles vivía en

Cálcides. A su segunda llegada se inicia la definitiva disolución de la Ciudad-Estado. Son los años de los años de las derrotas y los estragos. La libertad nacional se pierde en Queronea (339 a. C.). Alejandro el Grande conquista a Grecia y Asia, muriendo en el 323. Sus sucesores, después de 20 años de guerras intestinas, se repartieron el mundo al día siguiente de la batalla de Ipsos. La civilización griega se disuelve y Roma se prepara para la conquista del Mediterráneo oriental.

Muerto Epicuro se suceden en su escuela (El Jardín) sus discípulos, entre los cuales vale citar los dos Ptolomeos, el blanco y el negro. El epicureísmo sobrevivirá hasta el siglo VI de nuestra era. Dos siglos después de fallecido, Lucrecio reproduce las ideas de Epicuro en su poema "De la Naturaleza", que traducirá el título de la obra fundamental epicureana, hoy perdida, "Periphyseos".

La intención de Lucrecio es la misma: eliminar el miedo a la vida de ultratumba y a la actuación caprichosa de los dioses en la existencia de los hombres. Para él el movimiento es una propiedad de la materia. Estableció la primacía de la realidad objetiva, el valor del determinismo mecánico, opuesto a la providencia y a las causas finales.

La filosofía de Lucrecio Caro, Tito (96-55 a. C.), en nombre de una clase emergente, los comerciantes romanos, ataca los valores de la aristocracia. Perteneció a ese grupo interesado en el estudio de las mareas y de los vasos comunicantes. Es una época de gran motivación por la astronomía, la agrimensura, la arquitectura, el transporte de agua y la medicina. En este medio se desarrolla el pensamiento de Lucrecio; un esfuerzo teórico que Roma aisló.

En su obra encontró el Renacimiento

una reflexión materialista que partió del quehacer técnico. Y no podía ser otro el origen. Los artesanos trabajaban y manipulaban la materia convirtiéndola en productos elaborados. Disolvían, coagulaban, ajustándose a leyes de hechos y a los comportamientos de la misma materia.

Por lo demás, el papel de Roma en la evolución del saber que conducirá a las ciencias experimentales y a la tecnología es criticado. Hay quienes sostienen que fue completamente negativo (19). El excesivo pragmatismo oportunista condujo a los romanos y a los pueblos occidentales por ellos latinizados, a que fueran incapaces de mantener la brillante herencia del pensamiento griego. Lo redujeron a sus aspectos puramente prácticos, produciendo sólo enciclopedistas divulgadores.

Arquímedes (287 - 212 a. C.). Matemático discípulo de Euclides en Alejandría, en sus manos el método axiomático alcanza gran flexibilidad y vigor. Descubre la relación entre la longitud de la circunferencia y su diámetro (Pi). Inventó la geometría infinitesimal. En mecánica se le atribuye la creación del tornillo sin fin, de la rueda dentada, la polea movable y los espejos ustorios. Formuló la teoría de palancas o máquinas simples; determinó las leyes de equilibrio y centros de gravedad (estática de los cuerpos sólidos) y la hidrostática.

Como matemático su geometría es esencialmente "métrica", una tarea teórica que se propone determinar medidas: distancias, áreas, volúmenes; sin embargo, a diferencia de la geometría de hoy, en la que la medida se expresa mediante un número, en Arquímedes y en los antiguos, esa medida se da indirectamente, ya por equivalencia de figuras, una de las cuales es conocida, ya a través de una proposición de la cual se conocen tres términos (20).

Cuando en el Renacimiento se descubren las obras de Arquímedes, impresionan en especial los escritos sobre el equilibrio de los planos y los cuerpos flotantes. En ellos, mediante recursos exclusivamente matemáticos, se llega a la postulación de las leyes que rigen dichos fenómenos. Todos sus escritos influyeron en el desarrollo del cálculo infinitesimal naciente y en la concepción de que era posible la matematización del mundo terrenal, con lo cual surge la física y la tecnología.

Estratón, quien murió hacia el 269 a. C., sucedió a Teofrasto como cabeza del Liceo (288 a. C.), hombre importante en la historia de la mecánica, que rectificó las ideas físicas y metodológicas de la escuela aristotélica, en un sentido más empirista, asimilando al mismo tiempo algunas ideas atomísticas. Sus discípulos, en la búsqueda de leyes para explicar sus observaciones fenoménicas fueron fundamentalmente técnicos. Se destacan: Ctesibio y sus alumnos Filón de Bizancio (Siglo III a. C.) y Herón de Alejandría (siglo I d. C.) que aparte de su genial obra de técnicos, se dedicaron también a las investigaciones teóricas.

A Herón de Alejandría, también llamado el Viejo, se le atribuye la invención de varias máquinas, de las cuales "La Fuente de Herón" y la eolípila, parecen haberse empleado para distraer la gente.

Es autor de "La Neumática" y "Los Automatas". En "La Dioptra" describió este primer instrumento universal de medida usado durante siglos como teodolito, así como el odómetro, aparato automático para registrar las distancias recorridas por un vehículo. Estableció el principio de que la luz sigue el camino más corto y demostró la ley fundamental de la reflexión, estableciendo la igualdad del ángulo de reflexión con el de incidencia.

Para explicar muchos problemas de mecánica de fluidos o de la dilatación de los cuerpos y sus diferentes densidades, recurrió, como Estratón, a la existencia del vacío a escala infinitesimal.

Escribe la "Mecánica", obra que consta de tres libros. En el primero trata cuestiones cinemático-geométricas. En el segundo, de las cinco máquinas simples: torno, palanca polea, cuña y tornillo sin fin. Para el torno y la palanca se funda en el Equilibrio de los Planos de Arquímedes. Para la polea se refiere a la tensión de las cuerdas y a la distribución de la carga entre varios caños paralelos. En cuanto a la cuña y el tornillo sin fin, considera a éste último como una cuña enrollada alrededor de un cilindro. En el libro tercero describe los procedimientos utilizados para maniobrar fardos en arquitectura y se refiere a las prensas del tornillo (21).

Para terminar aquí la referencia a los griegos, hay que decir que Arquímedes, Ctesibio y Herón de Alejandría, para citar los más destacados, fueron matemáticos que construyeron instrumentos como resultados demostrativos de sus investigaciones teórico-matemáticas. Podría por esta razón encontrarse en ellos la prehistoria de la tecnología. Quizás porque eran aparatos demostrativos, es por lo que no se interesaron, de manera general, en las aplicaciones prácticas de sus invenciones, ni se emplearon para producir trabajo hasta el Renacimiento. Además, como lo sostienen los economistas políticos, porque a ningún griego se le ocurrió pensar que podían ser utilizados para construir máquinas que aliviassen el trabajo humano. Pertenecían a una sociedad esclavista en donde la mano de obra era tan barata, que no había necesidad de aumentar la producción usando procedimientos mecánicos. La fuerza motriz era el músculo de esclavo y como abundaba, la técnica

griega no superó su estadio de desarrollo (22).

Saltando ahora a la Edad Media, una aseveración que en cierta medida ya se esbozó, los dibujos de los arquitectos no están acotados, no obedecen a escala alguna y no están realizados con dicha finalidad. Son como una especie de "proyectos" destinados a dar a conocer las intenciones de los constructores. Tales dibujos no merecen el calificativo de diseños, pues no son verdaderos constructores geométricos que den una representación no deformada. Por el contrario, hay en ellos apenas un embrión de lo que será la perspectiva. El arquitecto de la Edad Media construyó las catedrales sin saber calcular la resistencia de los materiales y utilizó el cañón sin haber desarrollado la balística; había que esperar a Galileo (23).

En cuanto a la fundición de los metales, en la Edad Media se emplearon los mismos procedimientos de los tiempos clásicos. Sin embargo, hubo considerables progresos en cuanto al número y la eficacia de los hornos empleados en la fundición del hierro. La construcción de grandes forjas y de fuelles de mayor dimensión, así como la aplicación de los sistemas hidráulicos en los fuelles permitió alcanzar elevadas temperaturas. A pesar de todos esos avances técnicos, la metalurgia del hierro apenas logró otra cosa que reacciones de descomposición y combinación, sin su planteamiento matemático. Faltaba el nacimiento de la química, había que esperar hasta Lavoisier.

En el Renacimiento, G. Bruno, Campanella y T. Moro con sus obras, El Despacho de la Bestia Trifadora, Ciudad del Sol y Utopía, respectivamente, son tres grandes personajes que gracias a las condiciones que exigía la vida civil, abogaron por la reivindicación y exaltación el trabajo manual, como deber del hombre y

fundamentos de sus derechos. El reconocimiento del valor moral e intelectual del trabajo manual, estimulará una valoración nueva de la técnica (24). En lugar de los artesanos esclavos de las factorías de Roma y Alejandría, han aparecido los gremios de maestros artesanos. El nivel alcanzado por el progreso de la técnica, el hecho de que aquéllos que llevan a cabo la transformación de la materia no fueran esclavos, sino una clase social respetada, por lo menos dentro del cristianismo (Jesús es carpintero hijo de carpintero) y especialmente en los centros más poderosos de la burguesía en ascenso (Brujas, Lille, Londres, Florencia Zurich y en las ciudades de la Liga Haseática) (25), se constituirá en un factor de desarrollo que propiciará el surgimiento de filósofos dedicados a racionalizar sobre el saber técnico.

Nicolás de Cusa (1401-1464). Proclamó el carácter matemático del conocimiento humano, si éste ha de ser verdadero y adecuado a su propia naturaleza; la más genuina actividad de la "mens" (mente) es la "mensura". Todo saber supone un comparar, el cual a su vez, no es sino un medir (26). Dirá:

"Pues como todas las cosas matemáticas son finitas y no pueden imaginarse de otro modo, si queremos usar cosas finitas como ejemplo, para ascender al máximo absoluto, en primer lugar es necesario considerar las figuras matemáticas finitas, con sus propiedades y razones" (27).

Junto con Leonardo Da Vinci apoya la actividad técnica y artística, exigiendo uno y otro la matematización de la experiencia.

Leonardo piensa que la realidad natural es un tramado de razones matemáticas (ragioni) y llama "saper vedere" a la capacidad intelectual de quien sabe perci-

birlas con la mirada y expresarlas con la palabra o el dibujo. Los seres naturales son vistos por él como formas geométricas realizadas (28).

En la obra de Leonardo la técnica vislumbra su transformación en tecnología. Su célebre declaración en la cual pregona que la mecánica es el paraíso de las matemáticas y en donde esta rinde sus frutos, no es otra cosa que una consigna para que la mecánica deje de ser un arte empírico y se convierta en ciencia, inaccesible para todos los que no sean geómetras. No obstante, hay que dejar claro que la mecánica de Leonardo se basa en principios aristotélicos. Su dinámica es la del "impetus"; que es para él una virtud creada por el movimiento e impresa por el motor inmóvil (29).

Avanzando históricamente, después de la Revolución Copernicana y la creación de la "nueva ciencia" por Galileo, el cambio en la percepción del mundo será radical y el hombre entablará con la naturaleza y con la sociedad interrelaciones diferentes. Se producirá una transformación intelectual a la cual contribuirá de manera decisiva la aparición en el escenario del continente americano.

En el siglo XVII el fenómeno dejó de ser la apariencia, objeto del arte y del artesano, que es manipulación empírica de la apariencia sensible, para alcanzar un valor completamente nuevo. Para explicarlo, la joven ciencia no intentó ya, como la antigua, reducirlo a principios metafísicos, sino que lo consideró como un dato coherente y lo explicó mediante las reglas de su coherencia en el interior de un orden geométrico axiomatizado. Mientras que los modelos mecánicos propuestos por los matemáticos alejandrinos no tenían sino de valor de hipótesis, supuestos, en la nueva ciencia se convirtieron en el centro de la reflexión y el análisis. El

mecanicismo geométrico substituyó la realidad sentida por una realidad pensada, ordenada desde la razón. La naturaleza fue asimilada a un mecano comprensible por la inteligencia humana, puesto que era ella misma quien lo proponía. La máxima fue: si quieres entender científicamente algo, has un modelo mecánico de él. Lo anterior, si se siguen las tesis de Rene Taton.

La expresión no es única. Al descomponer y recomponer una máquina se comprende la combinación de sus partes, la estructura y funcionamiento de sus múltiples engranajes; algo análogo al acto mediante el cual la inteligencia entiende la estructura y composición de una ecuación al descomponerla en sus factores (30).

En el siglo XVII Newton crea su mecánica del cielo. Utilizando una formulación matemática por él desarrollada, pudo calcular sobre su modelo mecánico, el recorrido de las estrellas y la órbita de los planetas, mucho más preciso que Keplér. Esto no fue sólo un acontecimiento de resonancia científica, sino que cambió las perspectivas del conocimiento humano. Y, como se anotó, la imagen que los hombres manejaban del mundo y de sí mismos. Antes de Kepler, Galileo y Newton, la humanidad creía firmemente que era el propio Dios quien guiaba las estrellas y los planetas. Con la obra del insigne inglés ésto se acabó. En el cielo dejó de existir una voluntad superior que ordenara los hechos. Todo se desarrolla rígidamente con la precisión de un reloj, de modo que puede estudiarse con medios matemáticos.

##### 5. La Bomba Neumática la Máquina de Vapor y la Termodinámica

Ctesibio de Alejandría afirmó que había descubierto la elasticidad del aire e

inventado un sistema de succión o bomba de compresión aspirante e implente. En la alta Edad Media esta bomba se convirtió en un medio para extraer el agua de las minas. Sin embargo, no funcionaba a más de 14 metros de profundidad. Los aristotélicos explicaban este límite aduciendo que la naturaleza le tenía horror al vacío. En el siglo XVII Galileo se planteó el problema pero llegó a la errónea conclusión de que se debía a que una columna de agua posee una fuerza de cohesión que la mantiene toda junta.

Después de la muerte de Galileo, el gran duque de Toscana, Evangelista Torricelli (1608-1647) y Viviani, continuaron los trabajos del maestro en esta problemática y concluyeron que sobre cada centímetro cuadrado la presión atmosférica es de 1.033 Kilopondios. Dicha presión se equilibra con una columna de 14 metros de agua o en un barómetro, con una de mercurio 13,59 veces menor. De modo que el problema era un equilibrio mecánico de fuerzas, que podía de hecho, ser roto.

Las conclusiones de Torricelli fueron demostradas por los experimentos y tratamiento matemático de Blaise Pascal (1623 - 1662), famoso además no sólo como matemático sino también, como constructor de una máquina computadora. Por ese tiempo Otto von Guericke (1602-1686), inspirado igualmente en los trabajos de Torricelli y Viviani, en lo que a la obtención del vacío se refiere. El espacio que queda sobre el mercurio en el tubo del barómetro, cámara barométrica o vacío de Torricelli es el más perfecto que se obtiene.

La historia refiere que Otto von Guericke desde 1632 se dedicó a la búsqueda de un instrumento capaz de extraer el agua de un recipiente completamente lleno, con el fin de producir en dicho reci-

piente el vacío, una noción de no existencia que había que derrotar para sepultar definitivamente la física de Aristóteles. El fracaso de sus intentos lo movió a proceder con un recipiente lleno sólo de aire y así llegó a la bomba neumática, utilizando un pistón encerrado en un cilindro. Poco después llevó a cabo una pública y espectacular demostración: el experimento de los hemisferios de Magdeburgo, ante la dieta imperial en Ratisbona. El común se convenció de que el vacío y la presión atmosférica existían.

En sus relatos publicados en 1672, dice que tardó quince años en perfeccionar la bomba neumática hijo de magistrado, estudió derecho y matemática y fue ingeniero militar del rey de Suecia. De 1641 a 1681, fue burgomaestre de su ciudad natal, Magdeburgo. Como ya se dijo, se interesó por el problema del vacío. Estudió el peso de aire y su elasticidad. Observó que en un recinto cerrado la combustión se extinguía. Notó que en el vacío el sonido no se transmite. Creó también la primera máquina de producción continua de electricidad, la cual consistía en un globo giratorio de azufre que se frotaba con la mano.

Robert Boyle (1627-1691), amigo personal de Newton, leyó sobre el experimento de Guericke en 1657, cuando estaba construyendo un laboratorio en Oxford. Llamó entonces como ayudante a Robert Hooke (1635-1703). Hooke diseñó inmediatamente y fabricó una bomba neumática de gran perfección, con la cual realizaron todos los experimentos entorno a la corporeidad del aire. Boyle y Hooke aportaron mejoras de mecanismo de la bomba, sustituyendo la palanca que gobernaba el pistón, por una cremallera movida en los dos sentidos por una rueda dentada (31).

Los experimentos de ambos científicos

utilizando la bomba neumática, los cuales Hooke repitió en las reuniones semanales de la Royal Society, ejercieron una gran influencia en el desarrollo posterior de las ciencias experimentales, en particular de la química, la que arrancó como una ciencia neumática.

Se dice que Hooke propuso obtener el vacío condensando el vapor en un recipiente cerrado, conducido por los resultados de los experimentos que realizó con Boyle. Denis Papin fue quien los sugirió que el vacío podía extenderse a todo lo largo del tubo, e hizo una marmita de presión y diseño una rudimentaria máquina de vapor.

Aplicada por Herón de Alejandría a ciertos curiosos aparatos, la fuerza expansiva del vapor de agua intervino igualmente en proyectos puramente teóricos. Las aclaraciones sobre la naturaleza de la presión atmosférica, su matematización y los ensayos entorno a la máquina de polvora emprendidos por C. Huygens (1629-1695), fueron el preludio a los trabajos de Papin, quien después de haber inventado el digestor en 1681 (marmita), realizó en medio de dificultades de todo orden (era un refugiado político y religioso), varios prototipos sucesivos de máquinas motrices utilizando vapor de agua (1687-1707). En la práctica fue superado por Thomas Savery (1650-1715) quien patentó la máquina denominada atmosférica, que funcionaba por el efecto combinado del vapor de agua y de la presión atmosférica. Denis Papin compartió con Hooke la misma vivienda.

La máquina de Savery fue superada enseguida por la de Thomas Newcomen (1663-1729) en 1712, basada en el empleo del sistema cilindro pistón, la cual se utilizó en las minas para el achique de las aguas. Se cree que Newcomen mantuvo correspondencia con Hooke, y era además un maestro de forja.

En cuanto a James Watt (1736-1819), se dice de él que era un constructor de instrumental de laboratorio en la universidad de Glasgow, que perfeccionó la máquina de vapor, concibió el motor de doble acción (1782) e inventó el regulador de velocidad. Con Matthew Boulton originó el concepto científico de potencia (HP) o caballo de fuerza. Ambos con Josiah Wedgwood, fundador de los grandes centros cerámicos ingleses, Erasmo Darwin, abuelo de Charles el de la evolución, y Joseph Priestley (1733-1804) mantenían un club científico que por su fecundidad e influencia, merece compararse con la antigua Royal Society. Watt, por su parte, se ocupó de los fenómenos sobre la composición de la materia y obtuvo agua de la combinación del hidrógeno con el oxígeno, pero explicó el resultado a la luz de la teoría del flogisto. Una biografía rápida que no muestra con profundidad la calidad de investigador científico que poseyó Watt.

En sus estudios se interesó por el problema que los modelos a pequeña escala de la máquina de Newcomen presentaban, problema que él planteó al observar que consumían cantidades desproporcionadas de combustible en relación con el trabajo que realizaban. Observó los modelos desde la relación conceptual masa de combustible-trabajo mecánico, es decir, sospechó la formulación del concepto de eficiencia termodinámica.

La investigación lo llevó con Joseph Black (1728-1799) quien era profesor en Glasgow y estaba interesado en la teoría de la capacidad calorífica y el calor latente (73). Después de que en 1764 Black, el formulador de la teoría corpuscular del calor y quien hizo la primera distinción entre calor y temperatura, recogiera en forma precisa la determinación del calor latente de vaporización del agua, Watt retomó esa medición en el marco de su in-

vestigación sobre el problema de la máquina de Newcomen (32).

Reformuló su concepto de trabajo mecánico en términos de la dilatación y contracción del vapor de agua en el recipiente de la máquina. Cambiando el líquido por el vapor calentó y enfrió el cilindro de la máquina de Newcomen y midió la cantidad de calor que se desprendía, llegando a la conclusión de que ésta era la responsable de la reducción de la potencia eficaz de la máquina. Watt trabajó con una máquina concreta específica y la mejoró mecánicamente. No se salió de ese contexto y por eso no llegó a la termodinámica propiamente dicha.

Sadi Carnot (1796-1821) se planteó el problema de un modo teórico total y general y llegó a la teoría del calor y del trabajo (termodinámica). Hizo una abstracción de los problemas presentados por cada una de las máquinas existentes y centró su atención en el flujo de calor y de trabajo que se producían en circunstancias ideales. Inventó así una máquina ideal que opera en un ciclo perfectamente reversible, que no puede ser construida en la realidad ergónica. Aquí radicó la diferencia con Watt, además de haber formulado el problema en la relación calor y trabajo y no cantidad de combustible-trabajo, que fuera la preocupación del último (33).

En síntesis, y para dejar en este punto el recuento histórico, de la escuela de Alejandría surgió la bomba de comprensión aspirante e impelente, gracias a la geometrización de los problemas mecánicos, la cual fue objeto de estudio por parte de Torricelli y Viviani dando origen al concepto de presión atmosférica, el barómetro y la demostración de la existencia del vacío. La preocupación por esta temática condujo a Guericke a la fabricación de la bomba neumática que retomada por

Boyle y Hooke permitió la investigación sobre la corporeidad del aire, la ley conocida como de Boyle-Mariotte y el arranque de la química como una disciplina de la filosofía natural (la llamada química neumática). Los trabajos con los gases utilizando la campana y la bomba, permitieron que Hooke vislumbrara el uso de la fuerza del vapor y la máquina correspondiente. La mirada en términos de cantidad de combustible consumido y trabajo mecánico realizado, además del concepto de calor que Watt establece sobre el prototipo de Newcomen permite el mejoramiento mecánico del mismo y su reconceptualización teórica. Sadi Carnot se ocupará del mismo problema, pero no ya con una máquina térmica particular, sino con un ideal inventada por el mismo, para dar así constitución a la termodinámica con una disciplina científica.

En conclusión, se ha demostrado que la tecnología no es ciencia aplicada y que la relación dialéctica entre ciencia experimental y tecnología es mucho más compleja de lo que ingenuamente podría parecer. La tesis que podría ser aceptable es aquella que sostiene que ambas surgen

simultáneas en la misma época histórica y que los problemas de conocimiento que una se formula son asumidos y retomados por la otra. Por tanto, resulta inaceptable también la afirmación hecha por Umberto Colombo (34) de que los grandes saltos tecnológicos del pasado ocurrieron frecuentemente antes de la aparición de las teorías científicas que los aceptarían. La dinámica de las ciencias experimentales y de la tecnología a partir del siglo XVII muestran que en realidad, lo que se constituyen son Programas de Investigación que en la necesidad de buscar apoyo empírico demostrativo, van generando experimento y planteando la necesidad de construir instrumentos cada vez más precisos y a su vez, y paralelamente, la formulación de programas de Investigación Tecnológica, como un saber autónomo apoyado sobre las ciencias experimentales, no como imperativo de aplicación o como una práctica empírica que ha de ser explicada posteriormente por las ciencias. De cualquier manera, concepciones de este tipo, no son más que versiones de la filosofía de dependencia cultural y científica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. GALLEGO-badillo, r. El Trabajo Pedagógico. Opus Cit. p. 65.
2. JAVANOVIC, Borislov. Los Orígenes de la Minería del Cobre en Europa. Investigación y Ciencia, No. 46, 1980. p. 94.
3. LEVI-STRAUSS, C. El Pensamiento Salvaje. Opus Cit. p. 164.
4. DRUCKER, Peter. La primera Revolución Tecnológica y sus Lecciones. In: Tecnología y Cultura. Barcelona, Editorial Gustavo Gili, 1978. p. 41.
5. LUCRECIO. De la Naturaleza. Introducción y notas de Domingo Plácido Suárez. Madrid, Editorial Ciencia Nueva, 1976. p. 11-13.
6. KOYRE, Alexandre. Del Mundo del "más o menos" al Universo de la Precisión. Bogotá, Naturaleza, Educación y Ciencia, No. 4, 1 semestre de 1986. Universidad Nacional de Colombia.
7. PARDÓ DE SANTAYONA, Jesús. Galileo. Bogotá, Editora Cinco, 1985. p. 17 y 40.
8. KOYRE, Alexandre. Opus cit.
9. MESA, Darío. La Universidad ante la Revolución Científica y Técnica. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1979.
10. LUCRECIO. Opus Cit. p. 13.
11. ARISTOTELES. La política. Bogotá, Edi-

- ciones Universal, 1981. Libro I, Cap. II, p. 33.
12. Ibid, p. 45.
  13. Ibid, p. 42.
  14. COHEN, Robert. Atenas, una Democracia. Barcelona, Ediciones Orbis, 1985. p. 26.
  15. LUCRECIO. De la Naturaleza. Opus cit. p. 18-19.
  16. LOS PRESOCRATICOS. Traducción y notas de Juan David García Bacca. México, Fondo de Cultura Económica, 1978. p. 311-312.
  17. Ibid, p. 359-360.
  18. NIZAN, Paul. Los Materialistas de la Antigüedad. Madrid, Editorial Fundamentos, 1971. P. 21.
  19. LAIN ENTRALGO, P. y LOPEZ PIÑERO, J. Ma. Panorama Histórico de la Ciencia Moderna. Opus cit. p. 32.
  20. ARQUIMIDES. El Método. Introducción y notas de José Babini. Buenos Aires, Eudeba, 1966. P. 11-21.
  21. TATON, Rene. Historia General de las Ciencias. Vol. 1. La ciencia antigua y medieval. Barcelona, Ediciones Destino, 1971. P. 376-377.
  22. LABASTIDAS, Jaime. Producción, Ciencia y Sociedad: de Descartes a Marx. México, Siglo XXI Editores, 1979. P. 55.
  23. TATON, Rene. Opus cit. P. 681-683.
  24. MONDOLFO, Rodolfo. Figuras e Ideas de de la Filosofía del Renacimiento. Buenos Aires, Editorial Losada, 1986.
  25. SCHNEER, Cecil. J. Mente y Materia. Barcelona, Editorial Bruguera, 1975. P. 82.
  26. LAIN ENTRALGO, P. y LOPEZ PIÑERO, J. Ma. Opus cit. p. 93.
  27. DE CUSA, Nicolás. La Docta Ignorancia. Barcelona, Ediciones Orbis, 1984. P. 45.
  28. LAIN ENTRALGO, P. y LOPEZ PIÑERO, J. Ma. Opus Cit. p. 103.
  29. TATON, Rene. Opus cit. Vol. 2. La Ciencia Moderna. P. 102-103.
  30. KOYRE, Alexandre. Del Mundo del "más o menos" al Universo de la Precisión. Opus cit.
  31. SCHNEER, Cecil J. Mente y Materia. Opus cit. P. 89.
  32. Ibid. p. 250.
  33. Ibid, p. 253.
  34. Citado por ALDANA VALDES, Eduardo. Los Programas de COLCIENCIAS y la Investigación en Ingeniería. In: Quinta Reunión de Decanos de Ingeniería. Bogotá, Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), 1986.