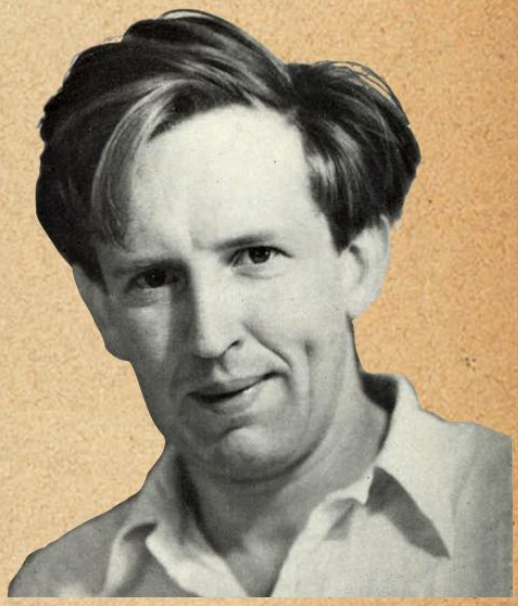
John D. Bernal



HISTORIA SOCIAL DE LA CIENCIA

La ciencia en el mundo antiguo

Fondo documental EHK Dokumentu fondoa
Euskal Herriko Komunistak

HISTORIA SOCIAL DE LA CIENCIA

La ciencia en el mundo antiguo

1968

John Desmond Bernal

Segunda parte de HISTORIA SOCIAL DE LA CIENCIA

Universidad Nacional Autónoma de México

Editorial Nueva Imagen

"La Ciencia en el Mundo Antiguo", de John Desmond Bernal,
corresponde a la Segunda Parte de "*Historia Social de la Ciencia. La ciencia en la Historia*", Libro I,
en traducción de Juan Ramón Capella,
publicada por Edicións 62, s/a
en 1968 (2ª. edic.).

Índice

II. LAS SOCIEDADES HUMANAS MÁS ANTIGUAS: EL PALEOLÍTICO
2.1. LOS ORIGENES DE LA SOCIEDAD pág.2
2.2. LA BASE MATERIAL DE LA VIDA PRIMITIVA pág. 4
Útiles e instrumentos.
El vestido
El fuego y la cocina Conocimiento de los animales El arte primitivo
2.2. LA BASE SOCIAL DE LA VIDA PRIMITIVA pág. 9
El lenguaje
El simbolismo
La vida social primitiva

Recolección de alimentos y caza. La división del trabajo
Totemismo y magia
Ritual y mito
2.4. LOS ORIGENES DE LA CIENCIA RACIONAL pág. 16
La mecánica
La clasificación en la ciencia primitiva
Las sanciones de la tradición
2.5. LA TRANSFORMACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE pág. 20
El equipo del hombre al final del Paleolítico
Armas arrojadizas y máquinas
2.6. IDEAS Y ORGANIZACIÓN SOCIAL pág. 24
El hombre-medicina
La teoría de la magia: los espíritus
2.7. LA OBRA DEL HOMBRE PRIMITIVO pág. 27
Las limitaciones de la economía cazadora

III. AGRICULTURA Y CIVILIZACIÓN
3.1. HACIA UNA ECONOMÍA PRODUCTIVA pág30
El origen de la agricultura
Las artes del campo y del hogar
El trabajo
La ciencia y las nuevas artes
El período neolítico
La formalización de la religión
La cultura aldeana
3.2. LA CIVILIZACIÓN pág. 39
La cultura ribereña
Extensión de la coordinación social
El origen de la ciudad
La evolución de la vivienda
Templos, dioses y sacerdotes
Los servidores de los templos y los artesanos
Sociedades divididas en clases: Esclavos y siervos
El comercio y los mercaderes
El derecho y el Estado
3.3. LAS TÉCNICAS DE LA CIVILIZACIÓN pág., 49
El descubrimiento de los metales Efectos del uso de metales
El oficio del forjador
El transporte
Las embarcaciones La rueda
3.4. EL ORIGEN DE LA CIENCIA CUANTITATIVA pág. 57
Cálculo, escritura y ciencia
Números y jeroglíficos
Matemática, aritmética y geometría
La astronomía y el calendario
La astrología La medicina
La química primitiva
3.5. LOS ORÍGENES CLASISTAS DE LA CIENCIA PRIMITIVA pág. 68
Escribas y trabajadores
Magia y ciencia
3.5. ÉXITOS Y FRACASOS DE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES pág. 73

Estancamiento técnico
La guerra
Arte militar y técnica: el ingeniero
El comercio y el imperio
El Imperio y el dios supremo
3.7. LA DIFUSIÓN DE LA CIVILIZACIÓN pág.78
Los primeros bárbaros
La esclavitud
La decadencia
3.8. EL LEGADO DE LA CIVILIZACIÓN PRIMITIVA pág. 82

IV. LA EDAD DEL HIERRO: LA CULTURA CLÁSICA
4.1. LAS CULTURAS DE LA EDAD DEL HIERRO pág. 85
El impacto del descubrimiento del hierro
La metalurgia del hierro
El hacha y el arado
Los navíos y el comercio
4.2. LAS CIUDADES DE LA EDAD DEL HIERRO pág. 91
La política
El dinero y el crédito
El alfabeto y la literatura
4.3. FENICIOS Y HEBREOS pág. 95
La Biblia: derecho y rectitud El Génesis
4.4. LOS GRIEGOS pág. 98
La cultura clásica
El nacimiento de la ciencia abstracta
La base económica de la ciudad griega
El arte y la dialéctica
La separación de la ciencia y la técnica
La arquitectura
El contenido y el método de la ciencia griega
Los estadios del desarrollo de la ciencia griega
4.5. LA CIENCIA GRIEGA PRIMITIVA pág. 108
El naturalismo jonio
Filósofos y sabios
El mundo y sus elementos: Tales, Heráclito y Empédocles
El número y la cantidad: Pitágoras
Las razones y los irracionales
La entrada del misticismo en la ciencia
La influencia de Pitágoras
Parménides
Los átomos y el vacío: Demócrito
El siglo de Pericles
El triunfo de la geometría
La astronomía esférica
La medicina griega: Hipócrates
La doctrina de los humores
4.6. LA PROEZA ATENIENSE pág. 127
La filosofía social de Atenas
Los filósofos de la reacción
Sócrates y la lógica

Platón
El idealismo platónico
La astrología
El platonismo Aristóteles
La clasificación y la lógica formal
La física aristotélica
Las causas finales
El movimiento y el vacío
Biología: La escala de la Naturaleza
Materia y forma
Substancia y esencia
El hombre y Dios
La influencia de Aristóteles
4.7. EL IMPERIO ALEJANDRINO pág. 148
La ciencia helenística
La ciudad helenística y los imperios macedónicos
La ciencia helenística
El Museo de Alejandría
La matemática helenística: Euclides
La astronomía helenística: Hipstvo y Tolomeo
La geografía científica
La mecánica helenística: Arquímedes
La estática y la hidrostática
La neumática
El principio de la química científica
Historia natural
La medicina helenística: Galeno
4.8. ROMA Y LA DECADENCIA DE LA CIENCIA CLÁSICA pág.161
Las obras públicas y el comercio La arquitectura
El derecho y la administración Decadencia y caída
Decadencia económica e intelectual
El misticismo y la religión organizada Los bárbaros
Pérdida de organización y de técnica
4.9. EL LEGADO DEL MUNDO CLÁSICO pág.170

LA CIENCIA EN LA HISTORIA

II. LAS SOCIEDADES HUMANAS MÁS ANTIGUAS

2.1 LOS ORÍGENES DE LA SOCIEDAD

Para hallar los primeros orígenes de la ciencia debemos observar el período anterior a aquél en que se dio alguna separación efectiva entre los aspectos técnicos e ideológicos de la cultura humana. Se trata del período de origen de la humanidad misma. Los seres humanos difieren de los animales primaria y fundamentalmente porque integran sociedades continuadas con una cultura material que añade un nuevo campo a la capacidad de los nudos cuerpos.

Esas *sociedades,* en la medida en que son distintas de los rebaños de animales, han debido tener unos métodos de protección y obtención de alimentos mejores que los que pudieran conseguir los individuos aislados, así como medios de conservación y mejoramiento de esos métodos en forma de una tradición continua. En su evolución a partir de criaturas cuasi simiescas los hombres primitivos habían heredado la capacidad fundamental, corporal y mental, de *ver, tomar* y *manejar* objetos. También debieron tener, por otra parte, una capacidad excepcional de *aprendizaje,* derivada de un modelo de proyección de vida mucho más *generalizado* que el de buen número de mamíferos evolucionados, que contaban con cuerpos y hábitos especiales. La combinación de esa capacidad manual y visual con esa otra del aprendizaje hizo posible el empleo de útiles: éstos debieron ser primero la piedra o el madero casualmente configurados al efecto, y más tarde objetos seleccionados y modelados especialmente para la tarea a la que se los quisiera aplicar. Con todo, en la medida en que esos progresos se limitaran a unos cuantos individuos, por bien dotados que estuvieran, el conjunto no podría definirse plenamente como una humanidad. Para que los adelantos fueran accesibles a todos y susceptibles de ulterior mejora, su confección y utilización habían de ser *aprendidos* y *enseñados.* Eso sólo puede conseguirse *generalizándolos* mediante la *tradición,* cosa que implica la existencia de una sociedad continuada.

La continuidad de las sociedades humanas se hizo también necesaria y quedaba garantizada por el período excepcionalmente largo durante el cual las

criaturas humanas son incapaces de valerse por sí mismas. Esto conduce a la formación de un grupo familiar prácticamente inmortal mediante la asociación de generaciones diversas, particularmente en individuos femeninos.

Abuelas, madres e hijas forman una tradición humana ininterrumpida. Ésta es la razón fundamental de que en las sociedades se llaman *matrilineares.* Parece que todas las sociedades, incluidas las de nuestros antepasados, han contado con un estadio de este tipo. También puede haber ocurrido que en un estadio muy antiguo las mujeres dirigieran los asuntos de la comunidad, de modo que esas sociedades fueran también *matriarcales.*

Sin embargo, los métodos que daban a las sociedades humanas sus especiales ventajas dependían ampliamente del uso de *útiles* materiales para capturar, recoger, transportar y preparar los alimentos, así como de un medio de comunicación rápido que facilitase la cooperación en esas tareas o, en otras palabras, del *lenguaje.* Mediante los útiles, el hombre adquiere un poder sobre el mundo que le rodea mayor y más general que el de los animales mejor dotados. El lenguaje, mediante los gestos y la voz, facilita a su vez la coherencia de la sociedad y la transmisión de la cultura acumulada por ella a las generaciones posteriores.

2.2 LA BASE MATERIAL DE LA VIDA PRIMITIVA

Útiles e instrumentos

Los útiles consisten esencialmente en una prolongación de los miembros del hombre: prolongación del puño y del diente con la piedra; del brazo, con el bastón; de la mano o de la boca, con el saco o la bolsa. También pueden consistir en una prolongación de nuevo tipo, como la que viene dada por el acto de lanzar una piedra con fuerza. El control social que se había hecho ya necesario para la selección y empleo de útiles hubo de aumentar necesariamente a medida que los útiles fundamentales empezaron a ser modelados deliberadamente en atención a las funciones para las que se los destinaba. Las diversas especies de instrumentos empezaron a estar socialmente determinadas en su uso, en su forma y en su modo de preparación.

La continuidad de la tradición en la vida primitiva queda demostrada directamente a partir de los datos arqueológicos, por los objetos reales fabricados por el propio hombre primitivo. Aunque no supiéramos nada sobre su uso basándonos en los datos que nos proporciona la observación de las sociedades salvajes contemporáneas, esos datos arqueológicos constituyen una prueba suficiente de su origen social. Los diversos tipos de útiles son prácticamente idénticos en un área o cultura determinada, y de hecho no se observan grandes variaciones en períodos o áreas extensas. Incluso la más simple hacha de piedra ha tenido que modelarse mediante un complicado proceso de cincelamiento cuyo aprendizaje seguramente costaría bastante tiempo a un hombre civilizado. El hecho de que ese proceso haya podido conservarse muestra la extrema estabilidad de la tradición técnica. En otras palabras, la modelación real de un útil de piedra es en sí misma una actividad cultural institucional, que debe ser aprendida y ejecutada con el mayor cuidado si se quiere garantizar el grado de uniformidad que hoy podemos observar en ese tipo de útiles.

La uniformidad, sin embargo, no es absoluta. Se dan cambios inevitables: mejoras, imitaciones y combinaciones que conducen, a lo largo de una evolución que atraviesa diversos estadios, a la situación actual de la técnica. Pero lo importante aquí es que al través de su condicionamiento social el hombre es capaz de tener a su disposición, en cualquier estadio cultural, un conjunto, prácticamente un catálogo, de útiles reproductibles. Cada grupo tribal, según su modo de vida, tiene un conjunto característico, pero muchos de éstos son comunes en amplias áreas geográficas. El hábito de formar esos conjuntos-muestrario, que empezó en los más remotos estadios del hombre primitivo, ha

sido el más importante de los factores que han contribuido a conservar la absoluta continuidad de la cultura técnica, cultura que llega directamente hasta nuestra época.

Esto tiene una implicación ulterior en la existencia de útiles modélicos, en la presencia de la *idea* del útil en la mente de su autor antes de que el útil llegue a cobrar realidad. Y todavía más: algunas piedras parcialmente trabajadas muestran un determinado esbozo que el trabajo debe ir siguiendo. Con un *designio* o *plan,* y de ahí a lo característico de la ciencia: el método experimental. Éste parte de la prueba de diversos métodos para la realización de un objeto según modelos o esbozos que se basan en una amplia escala de ensayo y error.

Si el útil, como la piedra seleccionada y modelada, es el principio del progreso técnico humano, ese progreso se convierte en ilimitado cuando llega a desarrollarse el *instrumento.* El instrumento —el útil para hacer útiles— crea la posibilidad de producir tipos de útiles cada vez más diferentes de los que pudieran conseguirse de la mera selección de objetos naturales. El proceso de producción de instrumentos, primero cincelando la piedra, luego puliéndola, y finalmente de metal golpeado y fundido, subyace a todas las técnicas modernas de tratamiento físico de objetos materiales. Los primeros instrumentos de piedra servían sólo para *romper* golpeando con ellos; después se desarrollarán hasta hacerlos capaces de *partir, grabar, rascar* y *agujerear.* Por medio de la práctica de creación y utilización de instrumentos los hombres aprendieron las propiedades mecánicas de muchos productos naturales, poniendo así la base de la ciencia *física.* El uso de instrumentos no sólo hizo más eficiente la caza sino que también constituyó un medio para obtener y preparar materiales más blandos: madera, hueso y piel. Al propio tiempo, el hombre, o más probablemente la mujer, fue aprendiendo a unir unos objetos a otros —por medio de la costura, amarrándolos, trenzando, entretejiendo, etc.—. De este modo pudieron evolucionar los recipientes para los alimentos, el agua y los objetos transportables.

El vestido

La necesidad de llevar objetos consigo, que al principio eran sólo útiles y alimentos, dio lugar a la costumbre de unir objetos al cuerpo más o menos permanentemente por medio de un asidero conveniente en torno al cabello, cuello, cintura, muñecas y tobillos. Estos asideros tendieron a convertirse en adorno y a distinguir a quien los llevaba. Se añadieron plumas, huesos y pieles; esto último dio lugar al importante descubrimiento de que las pieles ayudaban a protegerse del invierno y de las noches frías. De ahí nacieron los *vestidos,* primero en forma de capas y faldas aisladas, luego en forma de prendas cosidas

y adaptadas, capaces de contener a todo el cuerpo, parecidas a las que aún hoy confeccionan los esquimales. Estos vestidos, junto con protecciones de pieles para los pies, aumentaron enormemente el ámbito de extensión geográfica y de duración de vida del hombre primitivo. Análogamente, aunque en grado menor hasta el inicio del laboreo en la agricultura, el invento contribuyó a que el hombre se protegiese del viento guareciéndose en refugios hechos con ramas y pieles, a partir de lo cual empezó a habitar en cabañas y casas.

El fuego y la cocina

Casi todos los primeros inventos mecánicos del hombre, incluso el trenzado y el vestido, habían sido anticipados ya por determinadas especies de animales, pájaros e incluso insectos. Hay un invento, sin embargo, el del uso del *fuego,* tal vez tan antiguo como los demás, que está enteramente fuera del alcance de los animales. Cómo llegó el hombre a dar con el fuego y por qué se atrevió a someterlo y mantenerlo es cosa que todavía está por descubrir. El fuego natural o bien está limitado a lugares muy especiales, como en la proximidad de volcanes y emanaciones de gas natural, o se presenta muy raramente, como en los incendios forestales. La conservación y propagación del fuego tiene que haber sido una tarea aterradora, peligrosa y difícil, como atestigua la universalidad de los mitos y leyendas sobre él. Al principio debió ser utilizado para proteger el cuerpo en las noches frías —los nativos australianos se rodean de estacas encendidas que utilizan en vez de vestidos en los períodos de frío— y para asustar a los animales. La cocina sólo puede haber empezado cuando el acampar con fuego se hubo convertido ya en costumbre establecida.

Como la utilización de instrumentos, el empleo del fuego también va en el sentido de una humanidad científica. De la misma manera que el instrumento es la base de la ciencia física y mecánica, el fuego es la base de la ciencia química. Ésta se inició con la muy simple y esencialmente química práctica de la *cocina.* De este uso del fuego, que parece haber nacido como algo accidental, se siguieron otros más científicos y específicamente controlables, primero en alfarería y después en el tratamiento de los metales. Tostar un pedazo de carne ensartada en un palo o cocinar raíces en un horno de cenizas no es excesivamente difícil, pero en cambio hervir algo es un problema real cuya solución llevó a ulteriores progresos. Una primera idea ingeniosa fue la de calentar agua en recipientes de cuero o bolsas impermeables introduciendo piedras calientes. Esas piedras, resquebrajadas por el calentamiento y el enfriamiento continuos, pueden hoy encontrarse en torno a los asentamientos prehistóricos. Sin embargo, el descubrimiento crucial tuvo lugar al advertirse que recubriendo una canasta con una gruesa capa de barro se la podía colocar sobre el fuego y que salía de este proceso notablemente mejorada. Más tarde,

probablemente a finales del Paleolítico, el hombre comprobó que era posible prescindir de la canasta y producir recipientes de barro capaces de contener el agua y resistir el fuego. Los calderos, con todo, siguieron siendo un lujo, puesto que pesaban mucho y no era fácil transportarlos cuando se iba de caza. Entre los indios de las llanuras de América del Norte, la expresión «carne cocida» es sinónimo de banquete.

Más tarde, cuando los recipientes para calentar líquidos fueron de uso corriente, pudieron advertirse y aprovecharse los lentos cambios químicos de la fermentación. De este nuevo conocimiento nació, por último, la idea general de transformar los materiales bañándolos o embebiéndolos en reactivos, cuyos primeros triunfos fueron las artes del curtidor y del tintorero. De este modo se constituyó, ya en el Paleolítico, un conjunto de fórmulas prácticas de las que podía desprenderse una *química* racional.

Conocimiento de los animales

El conocimiento operativo y el uso de los instrumentos y del fuego es sólo una parte, y es posible que originalmente sólo una pequeña parte, del uso específicamente humano de la experiencia acumulada y transmitida. Más antiguo que éste y de más directa importancia fue el conocimiento obtenido de la observación de la naturaleza. Naturaleza no debe entenderse en sentido general: se trata más bien de la naturaleza tal como se presenta a las necesidades inmediatas del hombre, y principalmente a su necesidad de alimentarse. El conocimiento obtenido de este modo sobre los hábitos de los animales y las propiedades de las plantas constituye la base de la actual ciencia *biológica.* Gran parte del interés del hombre primitivo debe de haberse encaminado a la recolección y transmisión de información sobre plantas y animales. Estos últimos sin duda le interesaron particularmente por sus movimientos y por la excitación y el peligro de su caza.

El arte primitivo

Tenemos pruebas de él por el muy detallado conocimiento de la naturaleza que poseen hoy todas las tribus que siguen aún en el período cazador y por el amplio papel que en sus ceremonias desempeñan las danzas animales. Que el arte del pasado fue análogo a éste nos lo prueban el gran número de cavernas con pinturas, dibujos y esculturas casi exclusivamente de animales. Éstas no se limitan al aspecto exterior del animal: con frecuencia se representan también los huesos, el corazón y las entrañas dando pruebas del origen de la *anatomía,* que nace al descuartizarse la caza. De hecho, debemos a ese aspecto biológico

de la vida primitiva las técnicas de la representación pictórica, las cuales no son solamente fuente de las artes visuales sino también del simbolismo gráfico, de las matemáticas y de la escritura, que han hecho posible la ciencia racional.

2.3 LA BASE SOCIAL DE LA VIDA PRIMITIVA

El lenguaje

Mucho antes de que fueran posibles las anteriores conquistas, la sociedad humana había descubierto el lenguaje. Éste es el más poderoso medio de cohesión y desarrollo que posee la humanidad. El lenguaje es en sí mismo un medio de producción, posiblemente el primero de todos. La cooperación de varios individuos en la persecución de la caza, con las manos desnudas o con piedras y bastones improvisados, sólo es posible con el uso de *gestos* o *voces.* Y esto debe de haber tenido lugar mucho antes de que se iniciara la práctica de adaptar los instrumentos a unos propósitos específicos. El lenguaje primitivo se ocuparía principalmente de la obtención de alimentos, refiriéndose a los movimientos de las personas y al empleo de útiles.[1]

La antigüedad de la posesión del lenguaje queda demostrada por el grado en que ha influenciado la estructura anatómica hereditaria del cerebro humano. El complejo coordinador del ojo y la mano, que ocupa casi la mitad del cerebro, es esencialmente y tan sólo una elaboración de lo heredado de ascendientes simiescos. Por otra parte, el complejo correspondiente de coordinación de oído y lengua, aunque no tan amplio, es prácticamente creación nueva. Sólo puede haberse originado e integrado en la herencia humana después del origen de la sociedad.

Todos los mamíferos utilizan en algún grado sus voces para la comunicación social, pero corrientemente lo hacen sólo para expresar su emoción —sexual, de ira o de temor—, y la audición de esos gritos suscita a su vez una respuesta emotiva adecuada. Sólo posteriormente puede añadirse a la comunicación de emociones y acciones la comunicación de información sobre los objetos y los lugares. La transición no es completa; la componente emotiva subyacente en el lenguaje sale a la superficie en la poesía y en el canto, pero nunca está ausente del lenguaje hablado y da a éste el carácter móvil y compulsivo que ha contribuido a la creencia en la *magia* de las palabras. No obstante, el aspecto

[1] * Los primeros estadios del desarrollo de los instrumentos y del lenguaje son, sin duda, los más importantes, pero también los más difíciles de seguir. He aludido con anterioridad a las ideas de Haldane sobre los orígenes pre-humanos del lenguaje. Haldane cree también que algunas técnicas del paleolítico pueden haber sido instintivas, como lo es la construcción de nidos en las aves. En la medida en que el desarrollo es relativamente lento, no se trata de algo imposible dado el tipo de transmisión hereditaria de experiencias que se ha observado en las aves. Una vez superada esta etapa crítica, el mecanismo, que me parece excesivamente lento, debe de haber sido sustituido por la transmisión social de las técnicas, «cosa que puede considerarse como el verdadero origen de la humanidad.

mágico del lenguaje ha estado siempre subordinado a su aspecto utilitario.

El lenguaje tiene que haber sido, desde sus orígenes, casi enteramente arbitrario y convencional. El significado de los sonidos, en cada una de las comunidades, tenía que encontrar aceptación y ser fijado por la tradición en un lenguaje completo, capaz de cubrir la totalidad de la vida material y social. Por la misma razón puede decirse que son tan diversas las lenguas como es universal el lenguaje.

El simbolismo

Los objetos y situaciones para los que se utiliza el lenguaje son siempre mucho más complejos que los sonidos empleados para describirlos. Consecuencia de ello es que los términos de un lenguaje son necesariamente *símbolos* generalizados y *abstractos.* Resultan suficientes sin más para indicar la acción convencional que exige la situación. En la acción real de creación de sus lenguajes las sociedades humanas están obligadas a generalizar, a convenir una palabra para muchas cosas distintas, y a utilizar un simbolismo verbal o gráfico. La manipulación de estos símbolos en el cerebro y su *imaginación* visual directa constituye el *pensamiento* humano. Las *fórmulas* y *teorías* de la ciencia son solamente extensiones naturales destacadas del proceso de formación de un lenguaje. El simbolismo verbal, como veremos, puede ser fuente de conocimiento y de error. Si se acentúa el aspecto emotivo-compulsivo de las palabras, éstas pueden convertirse en *formulismos* mágicos; si, en cambio, se toma el símbolo en vez del objeto o la acción material, se llega a una *lógica* idealista.

La vida social primitiva

El lenguaje, pese a toda su variedad y capacidad de cambio, tiene un carácter más permanente que el de la técnica. La Edad de Piedra se edifica a partir de él, pero los lenguajes que empleamos hoy son básicamente los que hablaron algunas tribus de aquella época. De este modo, el estudio del lenguaje —reliquia viva del pasado— se convierte en un instrumento esencial para el estudio de los vestigios de las culturas materiales que han llegado hasta nosotros. Ambas cosas, junto con el testimonio de los pueblos primitivos actuales, deben ser suficientes para darnos un cuadro de la vida social de los antiguos tiempos. Éste no es lugar (ni yo la persona) adecuado para intentar trazar ese cuadro, pero es necesario indicar aquí aquellos aspectos del mismo que parecen relevantes para el estudio del origen de la ciencia o que han tenido alguna influencia sobre ella.

Las relaciones recíprocas entre los miembros de un grupo social han debido modificar profundamente la actividad y las creencias de los hombres y mujeres individuales. La búsqueda de la caza, su preparación y distribución, su consumo real por todos y a menudo los banquetes ceremoniales fueron actos sociales. Se trata de algo específicamente humano porque señalan un profundo cambio con respecto de la incondicionada reacción del animal hacia la caza: el animal la consume con voracidad y mantiene a sus semejantes apartados de ella. Las reacciones del hombre, por otra parte, están altamente condicionadas por las costumbres tradicionales establecidas para el mantenimiento del grupo social. Por decirlo de otro modo, *el hombre es el único animal plenamente autoeducado.* En contraste con otros mamíferos, cuya educación instintiva es realizada por los padres durante unos pocos días o semanas, todo ser humano que llega al mundo se integra en un esmerado proceso de educación que se inicia con su nacimiento y perdura durante muchos años. El proceso de condicionamiento social o *educación* es estrictamente tradicional, y la tradición ha mantenido su continuidad y cambiado muy lentamente desde los comienzos de la sociedad hasta nuestros días.

Recolección de alimentos y caza. La división del trabajo

Ahora bien, el carácter ecológico general de los grupos humanos estaba determinado, al principio casi exclusivamente y después de modo muy amplio, por el modo de obtención de alimentos. Inicialmente debían recoger cosas que se pudieran consumir: semillas, nueces, frutos, raíces, miel, insectos y pequeños animales susceptibles de ser capturados con las manos desnudas. No sabemos nada, si no es por inferencia, de la vida en este período. Los pueblos primitivos que han podido sobrevivir a él han pasado a un estadio ulterior, en que la obtención de alimentos se amplía por la caza de grandes animales. Por los útiles que han llegado hasta nosotros es posible seguir las técnicas cada vez más elaboradas que se empleaban para cada especie de caza mayor, hasta llegar al propio mamut.

Una división social infranqueable a partir de la superación del estadio animal, es la de la división entre los sexos. Los grupos sociales necesariamente pequeños de la Edad de Piedra mantenían su continuidad por mediación de la mujer, mientras que los jóvenes, en su mayoría, debían partir y emparejarse con muchachas de otros grupos, a los cuales se unían. Esto correspondía a una división económica en la que la mujer recogía los frutos, nueces y granos y se procuraba raíces e insectos, mientras que los hombres se dedicaban a la caza menor y a la pesca. En tal estadio, estos no podían destacarse mucho en la obtención de alimentos.

El posterior desarrollo de la caza mayor —propia de hombres— hizo crecer la importancia del varón, en su calidad de primer cazador. Puede haber sido esto, añadido a su mayor vigor, agresividad y destreza, lo que condujo a finales de la Edad de Piedra a la dominación de los hombres sobre las mujeres, tal como ocurre, por ejemplo, entre los cazadores australianos actuales. Las familias tendieron a convertirse en patrilineares y las costumbres tribales en patriarcales. Esta característica puede haber retrocedido al iniciarse la agricultura, que acentuó la importancia de la mujer.

Totemismo y magia

La existencia real del grupo estaba sujeta a la recolección diaria del alimento, cosa que dependía a su vez de la provisión de animales y plantas existentes dentro de un ámbito de unos pocos kilómetros, trabajable colectivamente, y de la habilidad de los hombres y mujeres en la caza o en la recolección. De todo ello, solamente lo último era función de la técnica, y ésta, necesariamente, cambiaba muy despacio. Por otra parte, el número de animales y plantas variaba ampliamente y a menudo de manera catastrófica. El hombre era un parásito total de una naturaleza incontrolada; lo que podía hacer con mejores técnicas era únicamente ampliar la extensión de su parasitismo. En realidad no podía escapar a él hasta la invención de la agricultura. Sin embargo, pensaba que podría persuadir e incitar a la Naturaleza a que le ayudase mediante métodos que elaboraba con los ancianos de la tribu y con los animales que cazaba. De este modo evolucionó la *magia* para llenar los vacíos dejados por las limitaciones de la técnica. Al hacer de cada animal o planta útil el *tótem* de una tribu o sección de tribu particular, al utilizar imágenes, símbolos o danzas imitativas, los hombres tribales primitivos creían que el animal o la planta se decidiría a multiplicarse o florecer. Esto condujo también a intercambios de alimentos entre grupos totémicos distintos. De esta manera se fueron reuniendo en un complejo sistema las diversas reglas sociales de obtención de alimentos y adornos y de relación. En la medida en que las reglas totémicas se seguían estrictamente quedaba garantizada la reproducción de la tribu y de su alimento. Ligada al tótem está la adscripción de poderes a determinadas personas, animales u objetos: éstos son *tabús,* cosas *sagradas;* sólo pueden tocarse siguiendo estrictas reglas cuya infracción da lugar a duras penalidades. La concepción de un objeto que tiene un *mana* latente, un poder, una virtud, subyace, y a veces de manera muy fructífera, al desarrollo de la ciencia. Así, la fascinación del imán, con su virtud de atraer el hierro, creó la ciencia del *magnetismo.* Pero más frecuentemente, cuando se trata de virtudes imaginarias, el culto a los objetos dificulta el recto pensar, como ocurre con la importancia dada al *oro,* ese metal inútil.

El sistema totémico sigue estando en vigor entre muchos pueblos primitivos actuales. Pueden encontrarse sus huellas en todas las civilizaciones, incluida la nuestra, especialmente en las esferas más conservadoras de la religión y del lenguaje. De hecho, como ha mostrado Thomson, el conjunto de nuestros términos de relación —padre, hermana, tío, etc.— sólo puede comprenderse en términos de relaciones totémicas. Y en nuestros leones y unicornios conservamos las reliquias de los animales totémicos transmitidos por mediación de la heráldica.

Ritual y mito

De importancia más directa para la ciencia son los *rituales* relacionados con ceremonias totémicas, especialmente los del nacimiento, la iniciación y el enterramiento.[2] Que los rituales de la iniciación se practicaran en el Paleolítico, queda demostrado por el hallazgo en cavernas de huellas dentales hechas en arcilla blanda por los participantes en esas ceremonias, así como por la impresión de manos mutiladas. Estos ritos, por los que todo el mundo tenía que pasar; se acompañaban de himnos que expresaban explicaciones o *mitos* acerca del origen y desarrollo del mundo en términos totémicos. Ésta fue la primera *educación* formal, esto es, la inculcación de un conjunto de creencias explícitas acerca del mundo y de cómo dominarlo que completaba, aunque nunca llegara a tomar su lugar, el aprendizaje práctico de las reglas de la caza, de la cocina, etc. Una característica de las ceremonias de iniciación era la imposición de *nombres,* que, por implicar la relación del candidato a los antepasados totémicos, y por consiguiente a la totalidad del mundo, se consideraban de especial importancia y santidad. De hecho, como lo muestra la etimología (nomen-nombre = *gnosco-conocer),* el conocimiento de nombres fue el primer *conocimiento* explícito.

En su primera formulación todos los mitos deben reflejar el nivel de la técnica práctica y de la organización social de la época, pero, debido a su asociación a ritos que parecen necesarios para la preservación de la vida de la tribu, y en último término del universo, cambian más lentamente que las condiciones, y con frecuencia se hacen ininteligibles al volver a ser interpretados en una época posterior. El mito del Paraíso, por ejemplo, reflejó originalmente el cambio de la caza a la agricultura, pero ha sido utilizado para abrigar las ideas de tabú, de

[2] * El profesor Haldane tiene dudas acerca del origen humano de los ritos. Los que hoy conocemos como tales pueden ser simplemente una verbalización de acciones preparatorias o danzas provocativas prehumanas o al menos prelingüísticas. Si el verdadero lenguaje se ha desarrollado con posterioridad a ellas, buena parte de su función social y económica puede haber sido cumplida originariamente por el rito.

sexo, de maldad del conocimiento, de obediencia ciega a Dios y de pecado original. Los mitos, aunque sean de diferentes tribus, se mezclan fácilmente y forman algo así como una incoherente *mitología* común. A partir de esos mitos totémicos, con muchos cambios, pero dentro de una continuidad de tradición, han llegado hasta nosotros no solamente los *credos* de las religiones sino también las *teorías* científicas.

2.4. LOS ORIGENES DE LA CIENCIA RACIONAL

Las diferentes especies de conocimiento adquirido por el hombre primitivo —sobre los útiles e instrumentos, sobre el fuego, sobre los animales y plantas y sobre los rituales y mitos sociales—, no eran, al adquirirse, cosas distintas. En la medida en que existían se integraban en una *cultura* común. Para comprender la génesis de la ciencia a partir de esa cultura, no basta describir su desarrollo en términos de la experiencia de los hombres de aquellas épocas. También es preciso examinar el tema a la luz de la ciencia moderna. Hay que delimitar el ámbito de lo conocido en un período dado y para un determinado campo de experiencia en comparación con la relativa complejidad de lo que conocemos hoy. Una ciencia plenamente *racional* y utilizable sólo puede nacer cuando existe cierta esperanza de comprender el funcionamiento interno de una parte del mundo circundante lo suficiente para emplear voluntariamente ese conocimiento en beneficio del hombre. Objetivamente, el mundo inanimado es más simple que el animado y mucho más simple que el social, de modo que era intrínsecamente necesario que la dominación científica del mundo siguiera ese orden.

Al hacer y emplear útiles, el hombre transformaba la naturaleza de acuerdo con su deliberada voluntad. Ése fue el origen de la *mecánica* racional: las leyes del movimiento de la materia se expresaban en el manejo práctico de la trampa, el arco, el boomerang y las voleadoras. Aun sin conocer el funcionamiento de la naturaleza, al hombre primitivo le era posible aprovecharse de cualquier porción del mundo circundante en que se diera algún signo de regularidad. Sólo necesitaba saber que debía esperar, sin necesidad de llevar cosas consigo, y estar dispuesto a tomar lo que la naturaleza le diera. Entramos así en el terreno de las ciencias de *observación y descriptivas* que forman la base sobre la que se asientan las artes de la caza y de la recolección de los frutos de la estación. Más allá de lo que podía ser controlado por la acción humana directa y de lo que se podía esperar de la naturaleza, el hombre seguía intentando ejercer su poder, pero por otros procedimientos: mediante la magia, primero, y después por la religión.

Los intereses del hombre primitivo eran, en todo caso, muy limitados y prácticos. Se referían a la satisfacción de las necesidades de la vida —alimentos, animales y plantas—, a los materiales con que producir los útiles y su ajuar, y a algunas otras cosas que, como los cuerpos celestes o la corteza terrestre, le parecía que tenían algo que ver con su abundancia. Si bien el área de lo racional

era pequeña, en realidad cubría casi todo lo que de hecho interesaba al hombre primitivo. Cuando la sociedad se ha desarrollado, el área de la ciencia efectiva ha aumentado enormemente, pero el campo del interés ha permanecido casi inmóvil. No hay ninguna razón para creer que el hombre primitivo se creyera menos seguro en su mundo que nosotros en el nuestro. Tenía, sí, menos razones para creerse inseguro.

La mecánica

El principio de la actividad *racional* procede de la estructura del universo físico y del mecanismo sensorio-motor, que los animales habían hecho evolucionar a lo largo de miles de millones de años, de tal modo que en cada estadio podían hacer mejor uso de él. En primer lugar, deriva directamente de los elementos visivos y manuales del propio cuerpo humano, de las coordinaciones hereditarias de ojo y mano que dan al hombre su superioridad frente a los otros mamíferos, especialmente cuando se convierte en animal social. Dicho de otro modo, la posibilidad de pensamiento racional en el hombre nace de su relación con el contorno *físico.* Por ejemplo, en un mecanismo tan simple como una palanca podemos saber de antemano lo que va a ocurrir en un extremo cuando movemos el otro. Sobre la base de esta coordinación del ojo y la mano nace primero la ciencia racional de la mecánica. En este terreno, y al principio solamente en él, era posible *ver* y *comprender* intuitivamente el funcionamiento de los objetos. Esto se reforzó enormemente con el conocimiento adquirido mediante las técnicas más antiguas. Las raíces de la estática y la dinámica deben buscarse en la producción y utilización de instrumentos. Mucho antes de que llegara a existir ninguna otra ciencia, el hombre consiguió tener ya, de este modo, una lógica innata y esencialmente matemática para el manejo físico de objetos definidos y diversos. A medida que la ciencia fue progresando, este aspecto físico conservó siempre la delantera en la racionalidad respecto de los demás aspectos de la ciencia.

La clasificación en la ciencia primitiva

Sólo mucho más tarde, miles de años más tarde, pudieron utilizarse los métodos físicos para enfrentarse con otros aspectos de la experiencia humana —el químico y el biológico— y hacerlos comprensibles lógicamente y susceptibles de ser dominados. Esto no quiere decir, no obstante, que los fundamentos de las ciencias biológicas y sociales no se establecieran en aquel tiempo; diversamente, se quiere indicar que, debido a su enorme complicación, debían seguir necesariamente caminos distintos. Era imposible *ver,* con la misma

racionalidad que en la mecánica, cuáles eran las consecuencias de la acción de cocer o de hacer fermentar algo. En cambio, era posible *saber* lo que podía ocurrir haciendo primero una prueba y después recordándola o enseñándola. En este terreno el saber era esencialmente tradicional, y este carácter tradicional era más acentuado que, por ejemplo, en el ámbito de la conducta animal. Era también estrictamente irracional porque con el saber existente resultaba imposible advertir y comprender las razones de que ocurrieran las cosas. Con todo, no podía *parecer* irracional porque la familiaridad de estas experiencias hacía innecesaria la explicación. En todo caso, siempre se podía dar una razón mítica, generalmente en términos de operadores abstractos pero personificados, como los antepasados o los espíritus totémicos. La distinción entre los campos de lo racional y de lo descriptivo, consiguientemente, no era absoluta. Además, ambos campos estaban llenos de semejanzas, podían hacerse comparaciones y las dos clases de fenómenos eran a grandes rasgos similares. De hecho fue en este terreno donde surgió la práctica de la clasificación, que permitió el desarrollo de la biología y también, en cierto grado, de las ciencias químicas. Las primeras clasificaciones se hallan necesariamente contenidas en el lenguaje, que era implícitamente una teoría de los seres u objetos (nombres) susceptibles de acción o pasión (verbos). Nace también aquí una especie de razonamiento descriptivo por analogía, frecuentemente basado en la magia, que si bien era falso en principio se hizo cada vez más sólido por la acumulación de hechos empíricos progresivamente analizados. A juzgar por el testimonio de los salvajes actuales, los pueblos primitivos tienen que haber llegado a distinguir muy claramente los campos de experiencia en que podían conseguir un control razonablemente bueno sobre las cosas, en que podían tener una buena apreciación de lo que podía ocurrir y aquéllos en que tenían que basarse en los ritos y en la magia. Con todo, la estrecha interrelación de estos aspectos hizo que las culturas fueran muy estables.[3]

[3] * Es posible que se nos escapen aspectos importantes de la ciencia primitiva simplemente por haberse expresado en términos que hemos dejado de emplear. Las descripciones y reglas de acción pueden expresarse mediante el mito, pero son perfectamente comprensibles en el interior de la estructura de una cultura particular. Así, como ha mostrado De Santillana, los navegantes polinésicos conseguían seguir rumbos muy precisos, aunque los expresaban mediante ritos estelares. Análogamente, buena parte de las matemáticas pueden haberse expresado en los modelos de danzas sagradas de los dibujos Chirunga aparentemente abstractos de los aborígenes australianos. Nos ha llegado un sorprendente ejemplo de la capacidad numérica de los hombres del Paleolítico superior en un hueso con muescas grabadas que revelan el conocimiento de la multiplicación e incluso la existencia de números primos. Muchas de las descripciones que los autores suelen dar acerca de la limitada capacidad matemática del hombre primitivo muestran no tanto la ignorancia de éste como la nuestra acerca de él.

Las sanciones de la tradición

La extrema lentitud del cambio, según se desprende de la arqueología, muestra cuán estrechamente los hombres primitivos se aferraban a la tradición en todos los terrenos. Tal cosa era posible porque creían implícitamente en la unidad de toda su cultura y en el peligro de apartarse de la tradición en algún fragmento de la misma. No podían saber si el descuidar los ritos consuetudinarios, las palabras mágicas, tendría o no por consecuencia la destrucción del orden de la naturaleza. ¿Se agotarían los alimentos? ¿Se extendería la enfermedad? Era más prudente no cambiar nada, a menos que las circunstancias hicieran absolutamente imposible, mantener la antigua tradición.

2.5. LA TRANSFORMACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

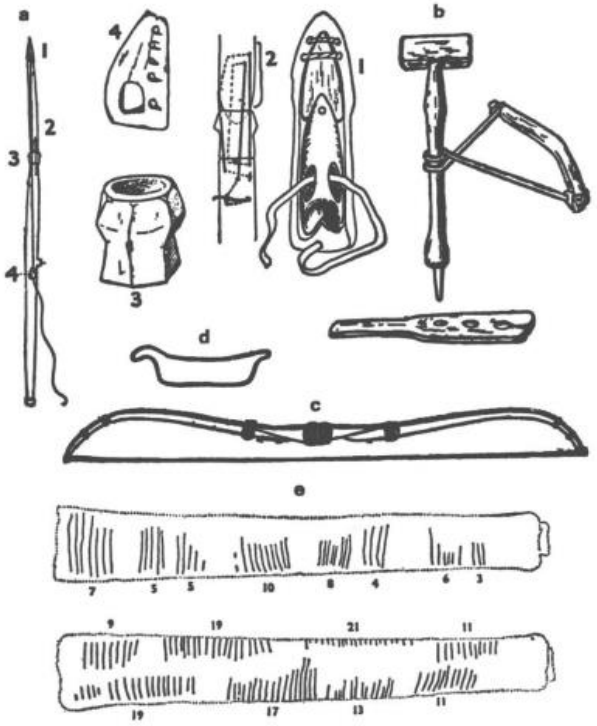
Hasta aquí hemos discutido los orígenes de la ciencia en la sociedad primitiva de una manera extremadamente general, señalando cómo las necesarias respuestas adaptativas daban lugar a un *conocimiento* creciente y siempre más ordenado del contorno material, biológico y humano. Pero éste es sólo un aspecto del cuadro. El otro es el desarrollo y empleo de técnicas, por parte del hombre primitivo, que modificaban el medio ambiente y conducían a ulteriores cambios de importancia en su modo de vida. Esto tuvo lugar de dos modos distintos.

En primer lugar, cada nueva técnica ampliaba el área del contorno utilizable o controlable. Un nuevo tipo de arma, como por ejemplo las boleadoras, ya desarrolladas plenamente en la Alta Edad de Piedra, hizo posible la caza de animales veloces en llanos abiertos. El nuevo equipo dio lugar a consecuencias más importantes, pues los vestidos, las cabañas y el fuego permitieron al hombre primitivo invernar en el norte. Esos cambios técnicos revolucionarios permitieron a la humanidad extenderse por nuevas regiones y vivir con mayor densidad de población en las antiguas. En segundo lugar, la utilización con éxito de una nueva técnica, como la de quemar un bosque para arrasarlo, podía a la larga alterar físicamente el medio ambiente mismo y conducir a nuevos problemas para los cuales el cambio técnico era la única alternativa a la extinción. Otras crisis que con frecuencia el hombre primitivo no podía distinguir de las que resultaban de su propia actividad, eran las producidas por cambios incontrolables en el contorno físico debidos principalmente a las variaciones climáticas. Ambas exigían o bien el abandono de las viejas regiones o bien el desarrollo de nuevas técnicas para enfrentarse con las nuevas condiciones. Así, los cambios técnicos podían provenir del desarrollo interno de la cultura o los imponía un cambio en las condiciones externas, pero lo cierto es que existían. Por lo demás, como lo muestran las investigaciones de los arqueólogos, los cambios fueron casi siempre progresivos y dieron al hombre mayor poder sobre una amplia parte de su contorno.

El equipo del hombre al final del Paleolítico

Ya hacia el final del Paleolítico el registro arqueológico nos presenta al hombre bien equipado con una rica colección de artificios técnicos —cabañas, vestidos de piel cosida, sacos y calderos, canoas, ganchos y arpones —. Estos datos pueden interpretarse más fácilmente porque la mayoría de los

instrumentos, si no todos, tienen aún hoy uso activo entre los salvajes actuales, especialmente entre los esquimales y también, aunque de modo más restringido, entre los aborígenes sudafricanos y australianos. Su técnica se limitaba a la recolección de alimentos y a la caza. La principal ocupación de la vida y el tema de mayor interés era la persecución de animales; por otra parte, el equipo de los cazadores estaba hecho principalmente con los restos de los animales capturados. En base a esta economía cazadora se encontraron los principales problemas técnicos y mecánicos de la modelación y combinación de materiales (Fig. 1).



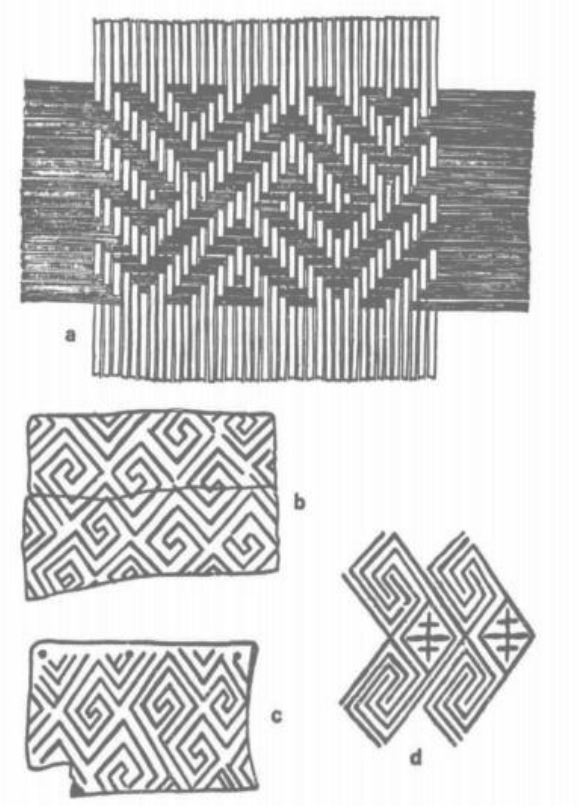
1. TECNOLOGÍA PRIMITIVA

Utensilios esquimales
(*a*) Arpón con cabeza desmontable (con ampliación de los componentes).
(*b*) Taladro de Arco.
(*c*) Arco compuesto.
(*d*) Esbozo de un bote noruego, parecido al *umiak* esquimal.

Mutemáticas en la Edad de Piedra
(*e*) Muescas en una regla de hueso de Ishango, en Africa Central, que revela el conocimiento de la multiplicación y de los números primos en el Paleolítico, aprox. 10.000 años a.C.

Es interesante señalar que, aunque los materiales hayan cambiado, muchos de los tipos de solución hallados en esa época siguen estando en uso y con frecuencia constituyen la base principal de las modernas técnicas. Por ejemplo, uno de los problemas más importantes y antiguos de la civilización fue el de

hallar medios para conservar y transportar líquidos. Los primeros recipientes fueron de piel, y aunque los materiales hayan cambiado los métodos de manufactura se han limitado simplemente a adaptar el uso de láminas de metal para su construcción. Incluso cuando el vidrio y el plástico han sustituido a esto último, las características esenciales siguen siendo las mismas. La construcción de canastas fue bien conocida en el Paleolítico, como lo fue asimismo el tejido en crudo, probablemente derivado de ella, y las propiedades plásticas de la arcilla. Que en ese período no se llegara a ulteriores progresos en la alfarería y el tejido no se debió a falta de capacidad técnica, sino a que las condiciones de la caza nómada no hacían posible que las mujeres permanecieran lo suficiente en el mismo lugar para llevar adelante las complejas operaciones del hilado, el bataneo y el tinte; al mismo tiempo, no había mucha demanda para objetos como los recipientes de barro, difíciles de transportar (Fig. 2).



2. INFLUENCIA DE LA TÉCNICA DE LA CESTERÍA EN EL ARTE DECORATIVO

(a) Fragmento de estera tejida que muestra que el modelo de dibujo griego se originó de simples alternancias.
(b, c) Piezas de marfil de mamut (Paleolítico) halladas cerca de Kiev.
(id) Dibujo de la tumba de Tutmosis III (1500 a.C.), Weltfish.[2 45]

Armas arrojadizas y máquinas

Particularmente importantes para la historia de la ciencia son los progresos mecánicos de la caza misma. La lanza, el bastón arrojadizo, el extraordinariamente ingenioso boomerang, la honda y las boleadoras, cuya acción dependía del movimiento dinámico y aerodinámico, bastante complicado, de un sistema en el espacio, son extensiones sucesivas del simple arte de arrojar palos y piedras. Más complicado y significativo para el futuro fue el invento del arco, invento que parece haber tenido lugar sólo hacia el final del Paleolítico. El arco es la primera utilización por el hombre de una energía mecánica retenida, de la energía acumulada al tensarlo lentamente y que se gasta con rapidez al soltar la flecha. El arco debe de haber sido una de las primeras *máquinas* utilizadas por el hombre, aunque las trampas usen parecidos principios, y puede haber sido incluso anterior a ellas. El arco debe haber convertido la caza en Una actividad mucho más efectiva y su empleo parece haberse extendido muy rápidamente por todo el mundo (Fig. 1).

Para la historia de la ciencia, su interés es triple. El estudio de la trayectoria de la flecha estimulaba la *dinámica.* El taladro de arco, al sustituir la acción de las manos —y liberar una de ellas— al hacer girar un pedernal o un taladro, es el primer ejemplo de movimiento de *rotación* sostenido. La vibración de la cuerda del arco es el origen probable de los instrumentos de cuerda; de este modo el invento contribuyó tanto a la *ciencia* como al arte de la *música.* El otro modo, probablemente más antiguo, de producir sonidos musicales fue el de los instrumentos de viento, de los cuales el cuerno y el caramillo proceden del Paleolítico. El hombre primitivo sabía bastante bien gracias a la experiencia que el aire y el viento son algo material. La *pneumática* parte de la respiración. El hombre podía soplar o aspirar por huesos o cañas huecos y utilizar el aire para avivar el fuego mediante aventadores; podía emplear su aliento para cazar con la *cerbatana* o para hacer fuego con una *bomba pneumática* de bambú. Ese movimiento de un pistón libre o suelto en el interior de un cilindro llegó a ser con el tiempo el origen del cañón y de la máquina de vapor.

2.6. IDEAS Y ORGANIZACIÓN SOCIAL

Como es natural, puesto que los indicios de que disponemos son materiales, sabemos mucho más acerca de los adelantos técnicos del hombre primitivo que de sus progresos en el reino de las ideas; sin embargo, las pocas indicaciones que tenemos, junto con lo que sabemos de las razas primitivas actuales, nos hacen pensar que esos progresos deben de haber sido considerables. En primer lugar, sería imposible llevar adelante las complejas tareas mecánicas y de organización de una sociedad cazadora sin una notable capacidad para la intercomunicación y la organización social. La caza se realizaba a menudo a gran escala, y la de animales, como el mamut o el caballo salvaje, hacía necesario que centenares de hombres se distribuyeran hábilmente.

Sin embargo, una prueba más directa la constituye el desarrollo de mitos y rituales en los asentamientos paleolíticos, especialmente en los cementerios. El hecho de que la inhumación se practicara ya desde casi los comienzos del Paleolítico revela claramente la existencia de una actitud respecto del destino del hombre después de la muerte. Esa actitud parece haber sido más bien simple; las inhumaciones con útiles y alimentos son indicativas de la creencia en una vida ulterior no muy distinta de la de las religiones contemporáneas. Determinadas costumbres, como la de cubrir los cadáveres con ocre rojo para simular la sangre, revelan una práctica muy considerable de la magia. Lo mismo se desprende de las notables pinturas que el hombre del paleolítico inferior nos ha dejado en rocas y cavernas. Esas pinturas son esencialmente de naturaleza mágica y se orientaban principalmente a procurar la existencia de una caza mejor y más abundante.

Es fácil concluir, por analogía a las tribus primitivas actuales, en la existencia de un ritual complejo, compuesto esencialmente de danzas y cánticos que celebran los éxitos en la cacería, con danzarines enmascarados para representar a los animales. De estas ceremonias descienden tanto el teatro como los ritos religiosos. La imitación de animales tenía por objeto, naturalmente, *burlarse* de ellos, y como es lógico la burla no se limitó durante mucho tiempo a los animales. Las acciones de simulación podían introducirse en la lucha y la ficción poética degenerar fácilmente en mentira pura y simple.

El hombre-medicina

Al principio todo el mundo participaba en las ceremonias rituales, pero hacia

el final del Paleolítico encontramos algún indicio de un principio de especialización. Las pinturas de algunas cavernas remotas e inaccesibles parecen haber sido realizadas por artistas altamente educados que, sin embargo, tenían que haber participado lo suficiente en las cacerías para hallar y estudiar en movimiento sus modelos. Entre esas pinturas, de vez en cuando pueden verse figuras aisladas de hombres montados sobre animales, que parecen haber tenido especial importancia. En muchas tribus primitivas actuales encontramos al hombre-medicina o *chamán,* al que se atribuyen especiales relaciones con las fuerzas que dominan ciertos aspectos del universo material, el fuego en primer lugar pero también la salud o la suerte de cada uno. Esas personas quedan apartadas en cierto grado de las tareas de la caza y producción de útiles y a cambio ejercitan sus artes mágicas para bien de todos. Son también responsables de la conservación consciente de la educación tradicional y, consiguientemente, de su modificación cuando la sociedad se desarrolla. Estos precursores de los antiguos tiempos son, por lo tanto, los antepasados culturales directos de los reyes sagrados, los sacerdotes, los filósofos y los científicos.[4]

La teoría de la magia: los espíritus

Las manipulaciones de los magos se basaban, al principio sólo inconscientemente al parecer, pero después de manera explícita, en una teoría del funcionamiento del universo de tipo imitativo y esencialmente simpático. De las pinturas e inhumaciones que han podido llegar hasta nosotros parece desprenderse que se había elaborado ya en el Paleolítico. En substancia, la teoría es la siguiente: las *imágenes* (primero idénticas y luego simplificadas) y los *símbolos* podían identificarse hasta tal punto con lo que representaban que las operaciones practicadas sobre ellos se transferían, por simpatía, al mundo real. No hay ninguna ruptura entre esos símbolos e imágenes y los que con tanto éxito utilizamos en la ciencia moderna, pero han sido necesarios siglos de experiencia y amargas luchas para distinguir lo mágico del valor meramente convencional del simbolismo.

Otro aspecto del pensamiento primitivo desprendido en algún momento de la magia imitativa o simbólica fue la idea de que los *espíritus* ejercen alguna influencia en el mundo real, y de ahí la necesidad de hacerlos propicios o dominarlos. La idea de espíritu es en sí misma algo muy sofisticado. Probablemente se originó de la incapacidad para aceptar el hecho de la muerte.

[4] * La importancia que tuvieron para la ciencia los hechiceros o chamanes no se halla todavía plenamente estudiada. Sin duda les debemos la conservación —o el descubrimiento — de muchas drogas útiles conocidas con anterioridad al siglo XX. Las restantes artes mágicas, especialmente la de predecir el futuro, pusieron las bases de la pseudociencia de la astrología y, a través de ella, de las ciencias objetivas actuales.

Los primeros espíritus, como muestran las tumbas, fueron concebidos como algo realmente corpóreo. Puesto que los hombres habían sido en vida miembros de la tribu se creía que continuaban ocupándose de ella después de su muerte. Se creía que, al igual que los vivos, continuaban trabajando la naturaleza, directamente o por medio de la magia, y en principio su poder no era muy grande. Sólo más tarde se consideró el espíritu (aliento, alma, psique) —que abandonaba el cuerpo con la muerte— como algo distinto del cuerpo, capaz de tener una vida invisible, pero no por ello menos real, por sí mismo. Por último, la noción de espíritu se escindió en dos cosas distintas. Por un lado, tuvo lugar la transformación de la idea de espíritu de un hombre poderoso en la de *héroe* legendario, y de ahí en idea de *dios,* que se convirtió en la figura central de la *religión.* Por otro, la noción de espíritu se divorció de su origen humano para convertirse en invisible agente natural —como el viento—, en fuerza activa que se presumía por debajo de los cambios químicos y vitales. Esta última idea, una vez eliminadas las connotaciones religiosas, desempeñó un papel enormemente importante en la ciencia, acabando por convertirse en los «espíritus» (licores espirituosos) de la tienda de bebidas o en los «espíritus alocados e indomables» —el gas (o caos) de van Helmont— que finalmente aceptaron el encierro en la prisión del gasómetro.

2.7. LA OBRA DEL HOMBRE PRIMITIVO

Este brevísimo esbozo de las técnicas e ideas del hombre primitivo debería ser al menos suficiente para mostrar lo mucho que este hombre había hecho ya al final del Paleolítico en la utilización de la inteligencia humana para dominar la naturaleza mediante instrumentos materiales y, mediante las funciones sociales de la tradición y el rito, para garantizar la conservación de los progresos realizados. Se había establecido la base de la *mecánica* y de la *física* al hacer y utilizar instrumentos, la de la *química* con el uso del fuego, y la de la *biología* en el saber práctico y comunicable acerca de los animales y las plantas. El conocimiento social estaba implícito en el lenguaje y en las artes, y el totemismo lo había sistematizado con el principio de la educación formal en las ceremonias de iniciación.

El carácter de la sociedad, determinado por su dependencia de la caza y la recolección de alimentos, era esencialmente comunal, sin ninguna especialización destacada y sin divisiones de clases.

Las limitaciones de la economía cazadora

La excelencia de los progresos técnicos y sociales de los hombres del paleolítico era tal que puede sorprender el hecho de que no fueran capaces de mantenerse indefinidamente en ese estado. En realidad, algunos grupos humanos parecen haber hecho eso, pero sólo en lugares remotos como el Ártico, la Australia central o las selvas tropicales. Es dudoso, sin embargo, que esos grupos sean realmente supervivientes del paleolítico y no, simplemente, grupos del neolítico que, por condiciones externas especialmente difíciles, hayan retrocedido al paleolítico. Por lo demás, la técnica paleolítica estaba tal vez excesivamente bien adaptada a su objetivo principal, que era el de cazar un número limitado de especies de animales en un número limitado de configuraciones geográficas, especialmente en llanuras abiertas. Si se modificaban las condiciones que determinaban la abundancia, lo cual podía ocurrir bien por cambios climáticos, bien por exceso en la caza misma, las especies animales podían llegar a desaparecer y las tribus humanas verse obligadas a emigrar a regiones más favorables para no extinguirse gradualmente —como ocurrió con muchas tribus y sigue ocurriendo todavía hoy—, o a cambiar por otra su cultura de cazadores, tarea que es mucho más difícil.

La debilidad fundamental de las sociedades cazadoras consiste en que son

parasitarias de los animales que cazan. Una sociedad cazadora es capaz de hacer el mejor uso posible de los animales cazados, pero no de dominarlos de un modo positivo, es decir, se puede matar animales pero no cebarlos ni hacer que se multipliquen. De hecho, es muy probable que la gran eficacia de las últimas técnicas del paleolítico ocasionara la desaparición de algunos grandes animales cuya caza debía ser realmente fácil. Otra causa adicional fueron los cambios de clima, al sustituir por bosques, en algunas regiones como la Europa occidental, o por desiertos en otras, como en África, los abiertos terrenos de caza. No hay duda de que, alrededor del período final de la Era Glaciar, la caza dejó de ser el más progresivo tipo de cultura humana, y aunque se conservaran sus artes e incluso su organización social, éstas perduraban solamente como parte de una cultura más rica y progresiva nacida con el descubrimiento de la agricultura.

También deben de haber habido razones internas, arraigadas en la forma de la sociedad paleolítica, que la hicieron menos capaz de enfrentarse con el medio, pero es muy difícil analizarlas. Hoy son raras las sociedades primitivas que permanecen a este nivel de cultura material, y sus dificultades puramente internas quedan enmascaradas por la influencia destructora de las culturas más avanzadas, especialmente de la nuestra.

III. Agricultura y civilización

3.1. HACIA UNA ECONOMÍA PRODUCTIVA

Este capítulo cubre el período conocido corrientemente como neolítico o Nueva Edad de Piedra, y la Edad del Bronce, el período de las primeras civilizaciones ribereñas de Egipto, Mesopotamia, India y China. No se intentará describir la historia de esas civilizaciones, sino solamente determinar el papel que desempeñaron en los orígenes de la ciencia.

Hace alrededor de 10.000 años tuvo lugar una revolución en la producción de alimentos que modificó la totalidad del modo de existencia material y social del hombre. Esa revolución fue en gran parte, si no enteramente, resultado de la crisis de la economía cazadora discutida al final del capítulo anterior. Las dificultades con que los hombres tenían que enfrentarse conducían, al propio tiempo, a la búsqueda de nuevos tipos de alimentos, o incluso antiguos y superados, tales como raíces y simientes de plantas silvestres. Esta búsqueda condujo a la invención de la técnica de la *agricultura,* que con la utilización del *fuego* y del *poder* es uno de los grandes momentos de la historia humana. Al igual que en todas las grandes transformaciones, no se trató de un acto aislado, sino de una acumulación, realizada paso a paso, de inventos interrelacionados que condujeron a un progreso esencial: el cultivo de simientes herbáceas. Se trataba, en sustancia, de una transformación de la sociedad a partir de la explotación del contorno animado hasta llegar a su dominio, primer paso en la consecución de una economía plenamente productiva.

El origen de la agricultura

El origen preciso de la agricultura es objeto de conjeturas y probablemente seguirá siéndolo durante mucho tiempo. La limitación de los animales y plantas utilizados en la agricultura a unas pocas clases —simientes herbáceas comestibles— señala que ha tenido que nacer en un período definido y en algún área limitada, probablemente el Oriente Medio. Tampoco estamos seguros de si el crecimiento de las mieses y la domesticación de animales estuvieron siempre ligados o bien fueron resultado de la conjunción de culturas puramente agrícolas y puramente pastoriles. Las pruebas de que disponemos parecen corroborar lo primero. Originalmente, los animales deben haber sido atraídos

por los residuos de forraje dejados por los cultivadores y domesticadores. La domesticación no fue algo completamente nuevo: los perros se domesticaban ya en el Paleolítico. Existe una pequeña prueba que me parece importante y es que el instrumento casi universal para recoger el grano —la hoz— es claramente, por su forma y por el diente de que estaba provisto originariamente, un sustituto de la quijada de una oveja u otro rumiante, que es un eficaz segador de hierba.[5] Difícilmente hubiera podido utilizarse si las ovejas no hubieran sido muy abundantes y presumiblemente domesticables en los primeros estadios de la agricultura. El desarrollo de las mieses es, en todo caso, un invento de alcance mucho más amplio que la domesticación de animales, pues sin provisiones de alimentos corrientemente es imposible conservar la adecuada cantidad de animales en una zona restringida. Además, el mercado de carne, pieles y lana proporcionado por los hombres de la aldea es esencial para una economía pastoril extensiva. Una tribu nómada de pastores o ganaderos en campo abierto necesita tanta tierra como la que se precisa para cazar animales salvajes, y, por otra parte, sin un mercado donde obtener armas, adornos y alimento suplementario, poco incentivo puede haber para cambiar la excitación de la caza de animales por las molestias y dificultades de su crianza.

El cultivo de granos, sin embargo, puede haberse originado sin tensiones violentas en alguna región particularmente bien provista, en la que la producción silvestre de granos fuera lo suficientemente abundante como para ser recogida por las mujeres y almacenada en canastos en depósitos permanentes.[6] En la recolección se debían esparcir bastantes simientes, las cuales mejorarían la cosecha siguiente. El *invento* de la agricultura seguramente es poca cosa más que una comprensión lo suficientemente clara de este hecho accidental como para justificar la práctica de sembrar grano, como un *sacrificio deliberado* en aras de una buena cosecha, de una recolección más amplia a la siguiente estación. Todo esto supone cierta estabilidad de asentamiento, que en algún caso puede haber estado determinada por la limitación de la tierra llana en los bosques o de la tierra regable en el desierto. Algunos indicios hacen pensar que la agricultura puede haber nacido en las tierras de aluvión de los ríos montañosos o en las proximidades de las llanuras desérticas, que podían ser un lugar de retirada natural para hombres y animales a medida que los llanos iban desecándose.

---

[5] * Una pequeña prueba para apoyar lo que se dice en el texto es que, en el cementerio de uno de los más antiguos asentamientos humanos, en Siyalk, en Persia, los únicos objetos encontrados fueron dos quijadas de oveja y un hacha de piedra.

[6] * La posibilidad de la agricultura depende del hecho de que se pudieron almacenar durante una estación los diversos granos cuando fue posible construir vasijas apropiadas. Al ser almacenados, los granos podían estropearse y fermentar, pero también cabe comerlos en ese estado, como ocurre todavía hoy en el Alto Nilo. La cerveza parece ser un producto humano más antiguo que el vino.

Como la recogida del grano era cosa de mujeres, es probable que la agricultura fuera un *invento* femenino y, en todo caso, un trabajo de mujeres, por lo menos hasta la invención del arado de bueyes, pues se realizaba con la *azada,* derivada del *palo de cavar* que utilizaban las mujeres del Paleolítico para arrancar raíces. En la medida en que predominaba la agricultura sobre la caza crecía el *status* de la mujer, en contra de la tendencia, suscitada por la caza, a alterar el principio de identificación del parentesco por la madre (*matrilinear*) a un sistema que siguiera al padre (*patrilinear*). Solamente cuando fueron corrientes los almacenamientos de alimentos, como ocurría en las tierras que bordeaban los asentamientos agrícolas, pudo venir una transición total al patriarcado, como vemos en la Biblia.

Por su origen, la agricultura lleva a una relación completamente nueva entre el hombre y la naturaleza. El hombre dejó de ser un parásito de los animales y las plantas solamente cuando fue capaz de hacer crecer en una pequeña extensión de terreno tanta cantidad de alimento como la que anteriormente cazaba o recogía en una amplia zona del territorio. Al practicar la agricultura *dominó* la naturaleza animada mediante el conocimiento de sus leyes de reproducción, consiguiendo así una independencia mayor y más amplia de las condiciones externas. La agricultura primitiva debe de haber consistido en un mero rastrojar la maleza, o el cultivo de tipo hortícola, realizada en pequeñas extensiones desbrozadas temporalmente y luego abandonadas, algo así como una especie de agricultura nómada que aún hoy practican muchas tribus. Pero incluso a este bajo nivel la práctica de la agricultura tenía un efecto explosivo sobre el material humano y la cultura social. Comparada con cualquiera de los cambios que tuvieron lugar en el Paleolítico suponía un nuevo orden de progresos. Conducía a un nuevo tipo de sociedad, *cualitativamente* diferente debido al enorme incremento *cuantitativo* del número de personas que podían poblar un mismo territorio. La caza tenía que ser una tarea continua; la agricultura, en cambio, dependía de las estaciones. Buena parte de la población estaría disponible para otras tareas la mayor parte del año. De este modo la agricultura abrió paso a nuevas posibilidades y, con ellas, a nuevos problemas.

Las artes del campo y del hogar

La propia agricultura implica un conjunto de nuevas técnicas en el desarrollo de los cultivos y en la preparación de alimentos a partir de ellos, como sembrar, escardar, segar, trillar, almacenar la cosecha, moler, cocer y hacer fermentar. Junto a ellas apareció todo un conjunto de técnicas auxiliares que, como la de tejer, se vieron posibilitadas al disponerse de grandes provisiones de lana y lino o que, como la alfarería y la construcción de chozas, nacieron de las posibilidades y las necesidades de una ocupación permanente, como era la de la agricultura.

La construcción de chozas se conocía ya en el Paleolítico, pero únicamente en lugares en que existía la suficiente caza para permitir un asentamiento permanente. En las comunidades agrícolas, en cambio, fue algo universal. Todo tendía a hacer que el desarrollo cultural siguiera un nuevo ritmo. La tiranía de las viejas costumbres tuvo que inclinarse ante las nuevas condiciones. Un nuevo factor fue el nacimiento de la propiedad de la tierra, aunque primero se trató de propiedad *comunal* y no de propiedad privada. En las comunidades cazadoras la mayor parte de los productos se consumían en el acto, y los únicos bienes permanentes —útiles de caza, de cocina y vestidos— eran de uso constante y en amplio grado personal. En una comunidad agrícola, en cambio, la tierra, el ganado, las chozas y los graneros fueron siempre *bienes* más o menos fijos, poseídos de modo ampliamente comunitario, siendo necesario encontrar medios para conservarlos y distribuirlos. Al principio esto se logró extendiendo, y luego complicando, la organización totémica del grupo. El principio en vigor era el de la distribución igual dentro de cada grupo; los intercambios rituales entre los grupos, minuciosamente regulados por la costumbre, tenían lugar en ceremonias como las bodas y funerales. Sin embargo, los nuevos métodos de producción eran demasiado poderosos en relación al viejo sistema de distribución. El trueque empezó a sustituir al intercambio ritual y los individuos empezaron a reclamar los bienes producidos por ellos, naciendo así la *propiedad privada* con su inevitable secuela: las desigualdades en la riqueza. El estadio siguiente —de formación de *clases sociales* — no parece haberse desarrollado, pese a todo, hasta la fundación de las ciudades.

El trabajo

La agricultura introdujo también en la vida social un concepto nuevo: el de *trabajo.* En los tiempos de la cultura cazadora el trabajo no se consideraba como algo distinto de los restantes aspectos de la vida. Las acciones estaban estrechamente ligadas a sus consecuencias. Quien cazaba lo hacía para obtener el alimento que él y los suyos consumirían muy rápidamente. En la agricultura, en cambio, existía un largo intervalo entre la siembra y la recolección; además, muchas de las faenas agrícolas son en sí mismas agotadoras y tediosas, faltándoles el aliciente de la caza. Realmente, la agricultura hizo más segura la obtención de alimentos, pero, en cambio, se perdieron las posibilidades de las excitantes cacerías y los grandes festines. De hecho, la transición de la caza a la agricultura es lo que en nuestras leyendas consideramos ahora como «la caída del hombre». El hombre ha perdido el «paraíso», el «edén», esto es, la llanura o la alegre zona de caza, y empieza a trabajar para ganar el pan con el sudor de su frente.

La ciencia y las nuevas artes

La muy indirecta relación introducida por la agricultura entre el trabajo y su recompensa condujo a una ulterior extensión de los conceptos de causa y efecto, conceptos que están en la base de una ciencia racional y consciente. Así, la vida de animales y plantas se convirtió entonces en objeto de observación interesada. Era necesario saber cómo nacían y se desarrollaban los animales y plantas y no solamente cómo cazarlos o recogerlas. Análogamente, las nuevas técnicas de la agricultura introdujeron nuevos conceptos matemáticos y mecánicos. *Tejer* es, claramente, una adaptación mejorada de la técnica de fabricar canastos; ambas suponen ciertas regularidades, al principio sólo practicadas de hecho y que luego pasan a ser objeto de reflexión, que están en la base de la *geometría* y de la *aritmética.* Las *formas* de los *modelos* reproducidos al *tejer* y el *número* de hilos necesarios para ello son entidades de naturaleza esencialmente geométrica que conducen a una mejor comprensión de las relaciones entre *forma* y *número.* El *hilado* fue, con la posible excepción del taladro de arco, la primera operación industrial que supuso *rotación* y que a su vez condujo al uso de la *rueda;* ésta, en el período siguiente, revolucionaría la mecánica, la industria y el transporte. La *cerámica,* por otra parte, fue la primera aplicación indirecta del fuego, y exigía un dominio sobre éste muy superior al necesario para alumbrar, calentar y cocinar. El empleo de los objetos de cerámica amplió el ámbito de las operaciones de la cocina e hizo posible fundir metales y realizar las primeras operaciones químicas.

El período neolítico [7]

[7] * Las excavaciones realizadas en la última década o incluso en los últimos años han hecho retroceder nuestras antiguas ideas acerca de la fecha de origen de la cultura neolítica. A medida que se hacen exploraciones a niveles más profundos aparecen aldeas que obligan a retrasar la fecha en cien o doscientos años respecto del descubrimiento anterior. Parece que en Siria, Mesopotamia y Anatolia, existían diversas formas de civilización agrícola ocho mil años antes de nuestra era y no mucho después del último período glaciar. Se han hallado restos claros de aldeas agrícolas con casas bien construidas. Algunas parecen ser más que aldeas, y los restos de la antigua Jericó. por ejemplo, comprenden inequívocamente fortificaciones. Las excavadas más recientemente parecen ser también las más antiguas, las de Katal Küyük, cerca de Konya, en Turquía, exploradas por el doctor Mellart. Al parecer se trata de una aldea del neolítico anterior a la alfarería, pero en muchos aspectos estaba muy adelantada. Las casas tenían muros lisos con frescos de colores, sobre todo con figuras de animales, mostrando afinidades con la pintura animal del paleolítico. También hay pruebas de ritos religiosos y altares bien definidos. Está claro que se añaden capítulos enteros a la prehistoria, pero hasta ahora lo que se ha hallado no invalida ideas anteriores como la de los efectos revolucionarios de la agricultura, que hizo posible las grandes concentraciones humanas.

El período comprendido entre el primer invento de la agricultura y la fundación de las ciudades se conoce normalmente como Baja Edad de Piedra o período neolítico. Se llama así por el uso de instrumentos de piedra tallada y pulimentada en vez de los instrumentos en piedra astillada característicos de la Alta Edad de Piedra. En los centros de la antigua civilización comprende los años 8.000 a 3.000 a.d.n.e. La cultura caracterizada por los instrumentos pulimentados cubre, no obstante, un período de tiempo mucho mayor, y de hecho todavía hoy existen en el mundo muchos pueblos que permanecen en un estado de cultura neolítica. Parece que las culturas neolíticas existentes pueden haber nacido de dos modos diversos: algunas pueden ser la continuación directa de la primitiva cultura neolítica, ampliamente esparcida desde los centros originarios en el Oriente Medio; otras pueden derivarse de pueblos mucho más tardíos de la Edad del Bronce que emigraran a regiones en las que se vieran aislados de los productos de sus ciudades de origen, perdiendo así toda su cultura material básica neolítica y reteniendo tan sólo algunas ideas elementales de la Edad del Bronce, como el culto al sol. El primer grupo megalítico que llegó a Gran Bretaña hace unos cuatro mil años fue, seguramente, uno de ellos. También pueden serlo los grupos polinésicos esparcidos por todo el Pacífico durante nuestra Edad Media.

La persistencia de la cultura neolítica en la mayor parte de su área de extensión muestra que con ella el hombre había alcanzado un nuevo equilibrio, ahora con los productos del suelo y del clima y no, como antes, con los animales y plantas en su estado natural.

La formalización de la religión

Esta transformación de la base material de la vida comunitaria, originada por la invención de la agricultura, hubo de tener, necesariamente, un profundo efecto en el ámbito intelectual, expresado en nuevos rituales y mitos. Las cosechas eran la principal ocupación de la comunidad neolítica; consiguientemente, el papel de la mujer en los rituales totémicos para el crecimiento y reproducción de las plantas se acentuó y amplió mucho. Los más característicos fueron los ritos de la *fertilidad,* según los cuáles los apareamientos humanos servían para propiciar las cosechas. La influencia de la lluvia sobre la vegetación, advertida sólo indirectamente en los tiempos de la cultura cazadora por sus efectos en la vida animal, se convirtió ahora en una cuestión de vida o muerte. La magia imitativa para producir la lluvia se convirtió en el segundo gran objeto del rito.

Esta concentración tendía a hacer el rito y la magia más ordenados y conducía a su transformación en algo distinto: en el *gobierno* y la *religión.* Se celebraron

la primavera y las cosechas. Se eligieron reyes y reinas de los granos y de las lluvias, otorgándoseles poderes y consideraciones especiales al ser vistos como algo esencial para la vida de la comunidad. La necesidad de enterrar o esparcir el grano para que pudiera obtenerse una nueva cosecha condujo a la idea de *sacrificio,* a veces de sacrificio humano, en el que el propio rey o un representante suyo era llevado a la muerte para procurar el bienestar del pueblo.

La cultura aldeana

La unidad cultural y económica característica del neolítico es la *aldea.* Pueden haber transcurrido muchos siglos para que llegaran a desarrollarse las complejas relaciones entre las operaciones técnicas y económicas que tienen lugar en una aldea y garantizan su independencia real en el propio territorio. La economía rural, no obstante, se halla estrictamente limitada en su extensión y en posibilidad de cambio. Incluso cuando comprende a millares de personas, como algunas aldeas africanas actuales, sigue siendo una economía en la que casi todo el mundo se ocupa la mayor parte del tiempo de las tareas agrícolas o de la producción de bienes confeccionados y utilizados localmente. La autosuficiencia de la aldea neolítica favorecía su difusión al tiempo que frenaba su ulterior desarrollo.

3.2. LA CIVILIZACION

La cultura ribereña

Parece que el primer paso para la realización de operaciones a gran escala se dio en pueblos que intentaron practicar la agricultura en los amplios valles de aluvión, despejados de bosques, de los grandes ríos, esto es, en los cursos inferiores y de tierras áridas. Tal vez se haya empezado por las orillas del curso inferior de los ríos, donde puede sembrarse en tierra húmeda, como hacen las tribus del Alto Nilo, procediéndose luego gradualmente a desecar los marjales y a despejar el curso del agua. Diversamente, también puede haber ocurrido que la práctica de la agricultura se haya iniciado en los pequeños valles altos, desplazándose luego paso a paso hasta los grandes valles de la parte inferior. En cualquier caso, debe de haber existido algún incentivo para la construcción de canales y presas. De este modo surgió una nueva clase de agricultura, basada primero en el riego natural y luego en la irrigación por medio de canales. En esos territorios la aldea deja de ser la unidad económica natural. Las avenidas de agua y los estiajes no respetan sus límites: es preciso que muchos poblados trabajen unidos para la construcción de canales y presas, repartiéndose luego el agua. Cuando se conseguía o se imponía esa cooperación, que en algunos casos llegaba a abarcar hasta media docena de aldeas, aumentaban los beneficios de cada una de ellas. Esto supuso un nuevo adelanto cuantitativo en la producción de alimentos, al permitir que un número muy superior de personas habitaran el mismo territorio, y esto condujo, a su vez, a un cambio cualitativo en la organización social.

Extensión de la coordinación social

La coordinación social en un área mayor que la simple aldea era necesaria de hecho para que la agricultura de los valles ribereños funcionara a pleno rendimiento. Cuando llegó a conseguirse, su propio éxito la consolidó. El Simple aumento en la escala de una operación con frecuencia abre posibilidades insospechadas.

Cuando las tribus de las aldeas del Nilo se federaron o fueron conquistadas hasta integrarse en una sola unidad económica, quedaron capacitadas para producir un suplemento de riqueza tan grande que en el transcurso de dos o tres siglos estuvieron en situación de soportar el enorme lastre económico de las obras públicas estatales del primer imperio egipcio.

Otro ejemplo, éste de tiempos más recientes, muestra la importancia que tiene el efecto de la organización, por sí mismo, independientemente de que se realicen cambios técnicos notables. El imperio inca del Perú nació de la unión de cierto número de tribus independientes que cultivaban cada una cierta porción de valle, disponiendo por sí mismas de canales de riego limitados y viviendo de sus propios productos. La enérgica y dominante tribu de los incas, que se convirtió más tarde en una especie de aristocracia sagrada en parte por genio político y en parte por la fuerza, logró que esas tribus se federaran. Eso hizo posible considerar todos los valles como una unidad económica, construir largos canales, hacer presas en las laderas de las montañas y organizarse para una distribución adecuada de las cosechas. El resultado fue que mientras se mantuvo su imperio nadie pasó hambre en el Perú. No obstante, lo interesante es que este sistema, sin emplear nuevas técnicas, suministró un excedente de producción lo suficientemente grande como para mantener a las clases dominantes incas —los hijos del sol— en un notable esplendor, permitiéndoles crear en unos pocos siglos una cultura intelectual de alto nivel y una singular arquitectura.

La civilización sólo pudo originarse y echar raíces en los valles ribereños de agua abundante, donde se podían practicar los cultivos irrigándolos mediante canales naturales. Más tarde se fue propagando localmente al realizarse obras hidráulicas mucho más complicadas para elevar el agua a canales elevados, excavando pozos y construyendo presas, pero hasta llegar a la Edad del Hierro nunca pudo salir de las llanuras de aluvión. Las primeras civilizaciones, consiguientemente, estuvieron limitadas a cierto número de regiones especialmente favorables, de las cuales conocemos hoy Mesopotamia, Egipto, los valles del Indo y, unos siglos más tarde, los valles del Oxo y del Yaxartes, el río Amarillo y el Yang-tse (Mapa 1).

El origen de la ciudad

Podemos pensar que la *civilización* nació primariamente de la *ciudad* —la *civitas* — que le da nombre. Pero en realidad la ciudad fue consecuencia y no causa de la civilización. La ciudad se diferencia de la aldea por el hecho de que la mayoría de sus habitantes no son productores de alimentos que trabajan el campo, sino administradores, artesanos, comerciantes y trabajadores. Antes de que pueda fundarse una ciudad es necesario que la técnica agrícola haya alcanzado un nivel tan alto que pueda mantener con sus excedentes a los no productores de la ciudad. Como hemos visto, esa técnica agrícola exige una organización centralizada. Y esto supone a su vez un cuerpo de administradores que cubra cierto número de aldeas. Una de ellas, la que contuviera el templo del dios totémico principal, se iría convirtiendo naturalmente en la *ciudad* que

recogería y almacenaría los excedentes de las restantes aldeas. Como ignoramos dónde estuvieron situadas las primeras ciudades la transición de la aldea a la ciudad nos parece más brusca de lo que seguramente fue. De las ciudades descubiertas, Jericó parece ser la más antigua, pues sus muros de albañilería son de un período tan primitivo que ignoraba la cerámica.» En la Mesopotamia inferior es posible advertir una transición de las aldeas a pequeñas ciudades edificadas en el mismo lugar. Otras fundaciones posteriores de ciudades parecen estar presididas por la idea o incluso la experiencia de lo que la ciudad tenía que ser. Algunos indicios hacen pensar que las ciudades se fundaron reuniendo en todo o en parte a las poblaciones de varias aldeas. El propio asentamiento de la ciudad puede haber sido un promontorio natural reforzado, un refugio contra las inundaciones, más tarde santificado con un templo que se elevaría en la cima, siendo el prototipo la torre de Babel.

La ciudad puede haber nacido primero en la aldea del principal mago de las aguas del distrito, bajo cuyas instrucciones se hubiera organizado la irrigación. Esto no implica necesariamente ninguna gran innovación, ni siquiera un empleo muy consciente de la ciencia. La excavación de canales y la construcción de esclusas al principio debe haber consistido en poca cosa más que en la limpieza de los cauces existentes y el barrenado de los terraplenes formados naturalmente, al igual que, en tiempos mucho más recientes, el complicado sistema holandés de diques evolucionó a partir de los fosos de arena y las represas naturales de lodo. Aquí, como en todos los comienzos, el arte (*techné)* sigue a la Naturaleza *(physe)* según el dicho de Teofrasto: «...es cosa manifiesta que el Arte imita a la Naturaleza, y a veces produce cosas muy peculiares». Para realizarse con éxito y evitar la confusión, con todo, el trabajo de la irrigación necesitaba de una dirección autoritaria, delegada o asumida, con sanciones religiosas.

Una vez establecida la ciudad, sin embargo, apareció una nueva división: la que se da entre la ciudad y el campo. Esta división no surgió de repente: durante siglos muchos ciudadanos poseyeron y cultivaron tierras fuera de la ciudad. El suplemento que proporcionaba la nueva eficacia de la agricultura iba a parar a la ciudad; quedaba muy poco para los aldeanos. El campesino egipcio de la época de las primeras dinastías era probablemente mucho más pobre en libertad y en condiciones de trabajo que sus antepasados de la época neolítica, aunque tenía un suministro de alimentos mejor y más regular. Su situación, sin embargo, no era peor que la de sus descendientes, los *fellahin* modernos.

La evolución de la vivienda

Al principio las ciudades difícilmente diferían de las aldeas: se componían de

chozas que tenían un corral para los animales y una habitación para la familia, compuesta habitualmente por personas de varias generaciones, sirvientes y esclavos. A medida que crecía la población se iban añadiendo más cabañas en torno a un patio, frecuentemente dotadas de techo, que llegaron a ser las primeras casas verdaderas. Se comenzó a construir con ladrillos de barro, pues el peligro de incendio era muy grande en las primitivas construcciones de cañas. La vida de la casa se centraba en el patio; las paredes exteriores carecían de ventanas. En el tiempo cálido, la familia dormía en la azotea bajo un techado; más tarde aparecieron los pisos superiores y las ventanas. Los espacios entre casa y casa se convirtieron gradualmente en calles, si bien se dejaban espacios libres para el mercado o para jardines. En torno a todas ellas, a medida que crecía la riqueza y con ella el peligro de guerra, se construyó una muralla que constreñía aún más la ciudad. Y cuando hubo también amenaza de lucha civil se construyó una fortaleza interior desde la cual los hombres de armas podían dominar la ciudad o a la que podían retirarse si lo necesitaban.

Templos, dioses y sacerdotes

La ciudad se centraba en torno a un templo o casa más grande en la que un dios ayudado por sus sacerdotes gobernaba desde el pequeño panteón de los antepasados totémicos locales.

La institución de los *dioses* es algo que se deriva esencialmente de la vida ciudadana, originándose de la exaltación de los simples espíritus del clan por la nueva riqueza disponible. Ésta es la razón de que el dios pudiera ser un animal, como en Egipto, o tener como contrafigura un animal, como Zeus y su águila. Los primeros dioses, que encontramos en las leyendas sumerias de hace 5.000 años, fueron realmente muy humanos. Tenían reuniones, querellas y debates muy parecidos a los de la asamblea de ancianos de la ciudad. Tarde o temprano un dios y su cohorte empezó a dominar en cada ciudad, pero no por ello se abolieron los demás dioses sino que, diversamente, se les asignaron funciones subsidiarias. Al propio tiempo, el desarrollo de las ciudades se caracterizaba por la creciente separación del dios de las ocupaciones tribales y ciudadanas y por su identificación física con su casa en la ciudad y con la administración de sus tierras por los sacerdotes. Los sacerdotes se instalaron en las ciudades desde el principio, obteniendo la mayor participación en sus beneficios. Fueron herederos de los chamanes de la Alta Edad de Piedra y de los reyes-magos de las primeras comunidades agrícolas; En Egipto el rey-mago sobrevivió en la figura del Faraón, gobernante y sumo sacerdote. Los *sacerdotes* formaron la primera clase administrativa, disfrutando de un estatuto definido y correspondiéndoles funciones muy importantes. Organizaban la distribución del agua y las simientes, la siembra y la cosecha, el almacenamiento del grano, la distribución de los

rebaños y el reparto de los productos.[8]

Los servidores de los templos y los artesanos

El trabajo físico necesario para mantener la organización de la economía no lo realizaban los sacerdotes, o, en todo caso, se trataba de algo meramente simbólico. Así, por ejemplo, podemos ver pinturas en que los reyes-sacerdotes de las antiguas ciudades sumerias llevan la primera canasta de tierra de la excavación de un canal, o a los antiguos Faraones llevando una azada, al igual que sus sucesores de hoy colocan primeras piedras. Era necesario un cuerpo de servidores del templo para recaudar, almacenar y guardar los beneficios excedentes. El templo mismo se convirtió en un edificio que necesitaba constantemente de nuevas construcciones y obras de conservación, así como personal para preparar las ceremonias y fiestas. La mesa del dios debía estar bien surtida. El dios, naturalmente, estimaba sólo la esencia espiritual de los alimentos, pero los sacerdotes tenían que contentarse con sus residuos materiales. Todas estas actividades necesitaban trabajadores que tendían a especializarse cada vez más y a desligarse gradualmente de la agricultura. Los albañiles y carpinteros, los alfareros y tejedores, los carniceros, panaderos y licoreros se congregaron en torno al templo participando, si bien modestamente, de los beneficios de éste. La primera *división del trabajo* completa tuvo lugar cuando todos estos artesanos se dedicaron exclusivamente a estas tareas apartándose de la tierra. Nada era lo bastante bueno para los dioses y, con el suministro de materiales garantizado por el excedente agrícola, los artesanos mejoraron rápidamente sus técnicas. Nuevos oficios, como la joyería y la metalurgia, se añadieron a los antiguos. En las ciudades la vieja organización del clan de las aldeas, ya muy modificada por la aparición de la propiedad, se redujo a un papel meramente formal o continuó como un misterio gremial para los seguidores de cada uno de los oficios.

Sociedades divididas en clases. Esclavos y siervos

Hasta la fecha se ha escrito muy poco sobre el proceso original de

[8] * El control de la distribución del grano almacenado en los templos es probablemente la forma más antigua de poder económico. Más tarde otros bienes, en especial las piedras y metales preciosos, fueron almacenados de la misma manera, de modo que los templos funcionaron de hecho como bancos durante muchos centenares de años. Cuando el rey era también el sumo sacerdote, como en el antiguo Egipto y en China, esta función era desempeñada por los administradores de los graneros reales. La importancia que adquirían éstos en épocas de hambre está muy bien descrita en la historia bíblica de José.

transformación de la economía de la aldea en economía urbana. Hay algunos testimonios de esta transformación, pero no se han interpretado completamente. Es preciso realizar un análisis económico y social de las ciudades realmente primitivas de la Edad del Bronce parecido al que nos ha dado Thomson de las ciudades griegas en la Edad del Hierro. Lo que han descubierto los arqueólogos revela que las primeras ciudades se hallaban ya muy adelantadas en el camino de las *sociedades divididas en clases,* y las primeras leyes son muy explícitas sobre este punto. En el Código de Hammurabi (1.800 antes de Cristo), por ejemplo, encontramos un catálogo de castigos retributivos entre los que figuran los siguientes:

> *« Si un hombre vacía un ojo a otro hombre, se le privará de un ojo a él.*
> *» Si alguien rompe un hueso a otro, se le quebrará un hueso a él.*
> *» Si alguien vacía un ojo a un hombre libre o rompe el hueso de un hombre libre, le pagará una mina de plata.*
> *» Si alguien vacía el ojo de un esclavo o le quiebra un hueso, pagará la mitad de su precio.»*

Lo anterior supone la existencia de tres grados. En las ciudades más antiguas encontramos a los ciudadanos graduados según la riqueza, incluyendo a los sacerdotes, mercaderes y artesanos libres; existen también esclavos domésticos y, fuera de la ciudad, campesinos que son virtualmente siervos del templo.

Podemos únicamente hacer conjeturas acerca de los estadios anteriores de la división en clases, basándolas generalmente en las pruebas mucho más accesibles, aunque posteriores, de Grecia. La división de clases parece haber nacido de una modificación progresiva de la participación en los productos de la comunidad aldeana, que, supervisada por los sacerdotes, tendía a proporcionar al dios una participación cada vez mayor, dando acceso a la población a un elevado número de hombres privados de franquicias y a extranjeros, que no tenían participación alguna en tales beneficios.

El comercio y los mercaderes

Las desigualdades resultantes se acentuaron todavía más convirtiéndose en permanentes con el *comercio,* que nació primero de los intercambios rituales y se convirtió después en una necesidad. Al principio se efectuaba en forma de simple trueque; más tarde se utilizó como unidad el ganado *(pecunia)* o bienes muy valiosos aptos para el cambio por su fácil transportabilidad, como las conchas, el oro y la plata, y finalmente por medio del crédito. Los mercaderes especializados tienen su origen en la necesidad de mercancías extranjeras para las que era preciso emprender largos viajes y a veces expediciones armadas. Estos *mercaderes,* que al principio eran funcionarios de la ciudad o del rey, se

establecieron más tarde por su cuenta, dedicándose al comercio como ocupación principal. Inicialmente el templo del rey era el más importante almacén y casa de banca, centrándose en él toda la vida económica. Los impuestos se recaudaban en especie, distribuyéndose alimentos y materia prima. Muchos comerciantes eran virtualmente siervos que recibían materia prima y alimento de sus amos, sacerdotes o nobles, para elaborar diversos artículos, aunque en las primeras épocas existieron algunos artesanos independientes que compraban materias primas y vendían productos acabados. Quienes no tenían bienes vendían su trabajo a cambio de un salario. Quienes tenían deudas obtenían préstamos irrisorios a intereses exorbitantes, y cuando no podían pagarlas eran vendidos como esclavos.

El derecho y el Estado

Para evitar que en esas transacciones se produjera derramamiento de sangre o redundaran en pérdidas para el templo se habían inventado las leyes. Éstas se presentan en los más antiguos documentos escritos. En algunos de ellos regulan los precios, los salarios y los honorarios de los médicos. Así, en el Código de Hammurabí encontramos la tasa de cinco ciclos por reducir un hueso o curar una enfermedad a un hombre, tres a un ciudadano y dos a un esclavo, siendo pagados en este último caso por el propietario.

En las comunidades cazadoras y en las primitivas comunidades aldeanas la fuerza del derecho no podía ser muy grande. Tal vez fuera, simplemente, el sentido tradicional de lo permisible y de lo considerado como tabú, o incluso podía consistir en la responsabilidad del clan por los actos de sus miembros, generalmente satisfecha de un modo ritual. Pero en la ciudad, donde existía la desigualdad social, era necesario todo un aparato de coerción.

En las ciudades de Mesopotamia la primitiva asamblea de ciudadanos, enfrentada con amenazas de violencia exterior o interior, cedió el poder a un solo gobernante en forma de *ensi o* administrador del templo, o de *lugal o* gran jefe guerrero que era al mismo tiempo sacerdote del dios. En Egipto, el rey-sacerdote divino, el Faraón, se convirtió en jefe del Estado a partir de la primera dinastía. La observancia de las leyes y la exacción de tributos quedaban en manos de un cuerpo de servidores del templo con poderes policiales. El rey se arrogó también el derecho a *castigar* con multas, prisión, flagelación o muerte. El poder del Estado, aunque nominalmente se hallara en manos de un individuo, de hecho dependía del apoyo de las clases superiores y de los sacerdotes y mercaderes, quedando templado tan sólo por el temor a una revuelta popular.[9]

[9] * Esta concentración del poder en manos de unos pocos es esencialmente la base social de

En este libro seguiremos el nacimiento y la caída —la evolución y la diferenciación— de la *sociedad de clases* durante sus 5.000 años de existencia. Veremos que esa forma social ha servido para favorecer, reprimir o destruir las posibilidades del progreso humano. En sus comienzos, sin embargo, no caben dudas acerca de su carácter progresivo en general. Fue algo que dio un enorme impulso al desarrollo de las técnicas y al comienzo de un enfoque racional de ellas, enfoque del cual había de surgir posteriormente la ciencia.

---

la civilización. Aunque la hace posible el desarrollo técnico, especialmente el de la producción de alimentos, aquélla, a su vez, posibilita progresos técnicos posteriores y en realidad es necesaria para éstos, como muestran, por ejemplo, los oficios artesanos que se utilizaron para beneficio de las clases superiores de la sociedad, como la alfarería fina, el tejido delicado, etc. Felizmente, estas artes han sobrevivido en muchos casos al derrumbamiento de las desiguales sociedades que las suscitaron. Cuando caía una dinastía los artesanos se diseminaban e iban a parar a las aldeas, donde transmitían a otros su pericia. Como dice un refrán irlandés, cuando se derrumban los castillos se levantan los estercoleros. El carácter esencialmente social de la civilización queda demostrado por la multiplicidad de civilizaciones o de partes de las civilizaciones que han crecido independientemente, con bastante parecido, como en el África ecuatorial y en América, en Méjico y en el Perú. Los caracteres específicos o estilos artísticos de los diferentes lugares se relacionan claramente con las artes tribales anteriores. Difieren de ellas en su concentración y en las dimensiones adoptadas.

3.3. LAS TÉCNICAS DE LA CIVILIZACIÓN

El descubrimiento de los metales

La organización de la agricultura en las llanuras ribereñas fue el factor económico decisivo para el nacimiento de las primeras ciudades. El principal adelanto técnico que lo acompañó fue el descubrimiento y el empleo de los *metales,* en especial del *cobre* y de su aleación, *el bronce,* que ha dado su nombre a toda una era de la civilización. Sin embargo, por muy grande que haya sido la importancia de los metales para la técnica y para la ciencia, lo cierto es que no pueden haberla tenido desde el principio. La palabra «metal» procede de una raíz griega que significa «buscar», cosa que indica su primitiva escasez. Al principio los metales eran tan raros que sólo se utilizaban para los artículos de lujo. En la agricultura y en muchos de los oficios de la ciudad se utilizaban instrumentos de piedra. El metal no era siquiera estrictamente necesario para la civilización. Ninguna de las ciudades mayas y aztecas empleó los metales para otra cosa que para adornos. Todos los instrumentos eran de piedra.

Los metales, salvo el oro y a veces el cobre, no se encuentran en estado puro; su extracción y separación suponen una larga experiencia y tal vez incluso alguna experimentación deliberada.

El impulso original puede haber nacido del interés que el hombre primitivo, incluso en el paleolítico, sentía por los objetos de formas y colores especiales. Los fragmentos de mineral metálico atraían la atención, habiéndose encontrado en collares y otros adornos. Quizá el que hubiera un considerable comercio de malaquita es algo más que simple coincidencia. La malaquita es algo más fácil de tratar y se empleaba como pintura para los ojos en el Egipto predinástico. El empleo de los metales para la construcción de instrumentos debe de haber tenido importancia secundaria.

El primer metal, seguramente debido a que se presenta de una manera clara en su estado natural, fue el oro. Pero las pepitas de oro, a diferencia de las piedras duras y quebradizas utilizadas para la producción de instrumentos, son plásticas; es posible modelarlas golpeándolas, de modo que aun antes de la extracción de los metales ya se había desarrollado una técnica para trabajarlos. Las pepitas de cobre natural, aunque no tan raras ni ornamentales, podían ser martilleadas para convertirlas en piezas de instrumentos bastante duras. Se advirtió que esta operación era más fácil calentando o cociendo el metal antes de golpearlo. Esta asociación de los metales con las técnicas del fuego seguramente condujo a los adelantos subsiguientes de tratamiento de los

minerales de carbonato de cobre y fundición y vaciado del metal así obtenido. Las investigaciones recientes parecen mostrar que estos nuevos adelantos se produjeron en ese orden. Ambos requieren temperaturas elevadas que pueden obtenerse con el fuego corriente, y existen indicios que revelan su asociación con la producción de vasijas de vidrio en hornos de buen tiro. Problema mayor para dar cuenta del origen de la metalurgia es el constituido por el hecho de que los yacimientos de cobre natural o de minerales de cobre de superficie oxidada se encuentran normalmente en colinas alejadas de los centros agrícolas. Es cuestión abierta la de si la metalurgia se inició en las áreas mineras, siendo aprovechados los productos rápidamente por las ciudades, o bien si primero se acumuló el metal en las ciudades realizándose más adelante los progresos técnicos. Aun en este último caso, las dificultades del transporte al iniciarse la edad de los metales deben de haber determinado que las funciones se instalaran en la proximidad de las minas.

Efectos del uso de metales

La producción de instrumentos y utensilios metálicos es otro adelanto técnico que señala un nuevo cambio cualitativo en el dominio del hombre sobre el medio. Los instrumentos de metal eran mucho más valiosos y duraderos que los de piedra, al igual que las armas, que podían utilizarse tanto contra los animales como contra los enemigos humanos. Por otra parte, las vasijas metálicas pueden ponerse al fuego sin romperse.

Por lo demás, los metales fueron muy costosos durante siglos. Los yacimientos de cobre estaban ampliamente esparcidos en lugares distintos e inaccesibles, y esto era todavía peor en el caso de los minerales de estaño. Ambos eran necesarios para producir el *bronce,* con su bajo punto de fusión que hace posible el *vaciado.* El bronce es más duro que el cobre y su empleo hizo al metal superior a la piedra para la producción de instrumentos y armas. Los metales y sus minerales suponen un comercio activo con regiones lejanas, y con ello un alto costo del transporte primitivo. Eso debe de haber hecho que el precio de los metales en la ciudad haya sido muy alto. Consiguientemente, su uso debe de haberse limitado, al principio, al ornato de los templos, a los utensilios de la mesa real, a los instrumentos para los artesanos de la ciudad y sólo más tarde, cuando las guerras se hicieron más corrientes, se utilizaron para la producción de armas.

El oficio del forjador

Las técnicas metalúrgicas y el uso de instrumentos metálicos fueron de enorme importancia para las demás técnicas y ampliaron el conocimiento del artesano acerca de las propiedades físicas y químicas de la materia. Las láminas e hilos metálicos se hacían golpeando y estirando el metal; el vaciado, la soldadura y el remache se desarrollaron con rapidez extraordinaria. Estas técnicas se utilizaron para crear adornos ricos y complicados, vasijas y estatuas. Puesto que la metalurgia del bronce, la plata y el oro se desarrolló en un período relativamente tardío, al contrario de la cerámica y el tejido, parece haber sido una tarea especializada desde el principio que quedaba en manos de cerrados gremios de *forjadores.* Éstos formaban un clan profesional, primer ejemplo de lo que sería más tarde todo el sistema de las *castas* menores en la India. Los trabajadores de la metalurgia deben de haber formado un clan tan cerrado que algunos de sus procedimientos han permanecido como algo secreto hasta tiempos muy recientes, y esto si no se han perdido por no estar recogidas en documentos escritos.

Los primeros forjadores, prescindiendo de los que se ocupaban también de la extracción y fundición, se ocupaban principalmente de trabajar los lingotes de metal. Muchos de ellos deben de haber vivido en las ciudades, pero, como muestran los montones de utensilios a medio elaborar y los pedazos de metal que dejaron en muchos lugares, deben de haber viajado por regiones extensas como una especie de operarios de alto rango.

El valor de las armas e instrumentos metálicos no reside solamente en su mayor duración. El hecho de que con un instrumento metálico fuera posible hacer cortes mucho más delgados que con instrumentos de piedra permitió realizar esa operación con limpieza en vez de hender o destrozar. Así, el uso de instrumentos metálicos, especialmente del *cuchillo,* el *cincel* y la *sierra,* transformó el trabajo de la madera e hizo posible la *carpintería* y la *albañilería* a gran escala. Las primeras máquinas, particularmente la carreta de ruedas y la rueda hidráulica, sólo fueron posibles gracias al metal. Incluso en el oficio básico de la agricultura, la azada o el arado tirados por bueyes sólo se convirtió en algo plenamente eficaz cuando el metal sustituyó a la piedra en la *reja* que abre la tierra.

El transporte

Los inventos mecánicos de la primera civilización estaban destinados a producir efectos a corto y a largo plazo. La existencia real de las primeras ciudades dependía ampliamente de la capacidad de organizar un transporte eficaz de grandes cantidades de material. Se necesitaba transportar alimentos para los miles de habitantes de la ciudad; era preciso comerciar con otras

ciudades, debiendo acarrearse también metales, madera y piedra desde montañas y bosques distantes. Eso condujo a importantes mejoras e innovaciones radicales en los medios de transporte, que tuvieron grandes consecuencias para la civilización y especialmente para el desarrollo de la ciencia.

Las embarcaciones

Puesto que las primeras civilizaciones se desarrollaron en tomo a los valles de los grandes ríos y luego en los deltas y lagos próximos, deben de haber dependido, desde el principio, sobre todo del transporte fluvial. Bajo el estímulo de la necesidad se construyeron las canoas y balsas primitivas, llegándose mediante adiciones casi imperceptibles, puestas a prueba continuamente por la práctica, a construirse *embarcaciones* útiles, capaces de transportar mercancías en cantidad. De hecho, la primitiva unificación política de Egipto se hizo posible e incluso necesaria por la utilización del Nilo como vía fluvial. Los primeros buques y las primeras embarcaciones se impulsaban a remos o mediante bicheros, continuando así durante siglos. Sin embargo, en algún momento cercano a los principios de la civilización se hizo otro descubrimiento crucial: el de la *vela.* Ésta amplió enormemente el ámbito de la navegación, pero su importancia principal reside en que se trata de la primera aplicación de la *fuerza* inanimada a las necesidades humanas, siendo el prototipo de los molinos de viento y de agua, de las máquinas de vapor y de los aeroplanos, que nacerían más adelante.

Los ríos y lagos sirvieron, pues, de campo de entrenamiento para quienes llegarían a aventurarse en el mar, aunque aquí los pescadores deben de haberse anticipado a los comerciantes. El comercio marítimo imponía, a su vez, problemas nuevos en la construcción naval, pues hacía necesarios navíos mucho más sólidos que los utilizados en los ríos. Además —y éste fue un punto de capital importancia para la ciencia posterior— hacía necesario el aprendizaje de un método para encontrar el rumbo cuando se navegaba sin ver tierra. El más primitivo fue el de seguir el vuelo de las aves, como en la leyenda del Arca de Noé.[10] La búsqueda de la tierra guiándose por las estrellas implica la idea de mapa. La *navegación* por el sol y las estrellas planteó la necesidad, con el calendario, de una astronomía práctica.

[10] * Un sello grabado del tercer milenio anterior a nuestra era, en la India, muestra un pájaro semejante junto al dibujo de una nave.

La rueda

Muy significativo para el ulterior progreso de la técnica y de la ciencia fue el desarrollo del transporte terrestre que combinaba dos ideas críticas importantes: el empleo de la *fuerza animal* y el de la *rueda.* Los animales habían sido domesticados y se criaban para servir de alimento, satisfaciendo así más ampliamente las necesidades del hombre primitivo. Más tarde se añadió para ellos una nueva función: la de realizar un trabajo tirando de las *carretas* y sustituyendo a las mujeres en el arrastre de la azada, que se transformó así en el *arado*.[11]

El primer uso de animales para el transporte se hizo probablemente acarreando la carga. El hombre primitivo, a juzgar por la falta de pinturas en que lo haga, debe de haber tardado mucho tiempo en decidirse a montar los animales, ni siquiera los asnos. Tras el aparejo para transportar cargas debe de haber llegado la narria —en la que la carga se ata a dos pértigas que la arrastran por el suelo—, utilizada todavía por algunas tribus siberianas. Este invento no parece ser el origen del carro, pues en los más antiguos modelos de éstos es más frecuente encontrar el yugo y la vara del arado que las pértigas de la narria. La necesidad de transportar objetos pesados que no podían dividirse en cargas menores, como los troncos para vigas o las piedras para grandes construcciones, sólo se inició con el nacimiento de las ciudades. La primera solución para ello fue la rastra, que probablemente es sólo una versión ampliada del trineo de los bosques de caza. Las rastras podían deslizarse fácilmente por las pendientes, pero en el llano se empezó a emplear troncos a modo de rodillos.

La transición crítica de la rastra de rodillos a la *carreta* fue probablemente de inspiración urbana, por más que una vez realizada la segunda se extendiera con rapidez por las zonas rurales. La ingeniosidad consistió en fijar un fuerte rodillo al cuerpo de la carreta, de modo que pudiera girar sin quedarse atrás. En las primitivas carretas mesopotámicas y en algunas de la India el eje gira con las ruedas, siendo mantenido en su lugar mediante tirantes de cuero. Éste fue el primer *cojinete* verdadero, aunque su *puerta,* con su engaste y su cubo, debe de haber girado con él.

El paso siguiente consistió en agrandar los extremos, primero con piezas sólidas que hacían de *ruedas,* y colocando luego una tira de cuero y luego de metal para mantener juntas las piezas. El primer desarrollo de la carreta de

[11] * El arado parece haber tenido un origen doble. Puede haberse derivado no sólo de la azada, sino también de la estaca empleada para cavar que, posteriormente, pudo ser arrancada del campo. En cualquier caso el campo quedaba raído o abierto como si hubiera sido hozado por un puerco, y de ahí que en muchos casos los términos primitivos utilizados para designar el arado y el puerco sean idénticos. El arado profundo, capaz de cavar surcos, debe de haberse desarrollado mucho más tarde.

ruedas parece haberse dado entre los sumerios, seguramente antes de que naciera en Mesopotamia.

Los egipcios, cuyas ciudades distaban sólo unos pocos kilómetros del Nilo, utilizaron generalmente las embarcaciones como medios de transporte; los vehículos de ruedas se introdujeron muy tarde.[12] Las ruedas huecas, de radios, para carretas de guerra, nacieron mucho después, a finales de la Edad del Bronce, pues precisaban por parte del constructor una técnica de unión extraordinariamente precisa.

Estos inventos tuvieron enormes consecuencias científicas y materiales. La carreta y el arado permitieron a la agricultura extenderse a todas las llanuras abiertas, sobrepasando los límites de las viejas civilizaciones. El carro de bueyes de dos ruedas de principios de la Edad del Bronce fue el primer prototipo de la carreta cubierta que, 4.000 años más tarde, abriría los caminos del Nuevo Mundo. En las tierras llanas, donde podían emplearse la carreta y el arado, añadieron un suplemento real al producto agrícola, haciendo posibles, por otra parte, las grandes importaciones de artículos del extranjero. La palanca y el plano inclinado, empleados ya con anterioridad en las construcciones de pirámides y templos, pusieron las bases de la *mecánica.* El uso de la rueda, de la que se derivaron la rueda hidráulica y la polea, construyó sobre esas bases un nuevo edificio teórico que comprendía desde la tierra hasta los movimientos de los astros. Los doce radios de la rueda sagrada simbolizaban los doce meses del año, en tanto que la rueda misma en movimiento representaba la cruz solar o svástica, símbolo primero de un suceso inocuo y luego de desastres. Al propio tiempo, el aumento de posibilidades y la celeridad de la carreta y del barco, junto con la necesidad de conocer las fuentes de los materiales valiosos, condujo a una exploración deliberada del mundo y a los comienzos de la *geografía.*

El invento y subsiguiente desarrollo de todas estas nuevas técnicas proporcionó un campo enormemente ampliado para la comprensión científica, precisamente en el momento en que las necesidades organizativas de la nueva civilización daban a luz los medios intelectuales con los que esta comprensión podía ser expresada y transmitida.

[12] * El vehículo de ruedas parece implicar la existencia de caminos, pero éstos deben de ser muy posteriores. En un primer estadio tales vehículos deben de haber aparecido en un terreno llano, con pocos cursos de agua, penetrando sólo mucho más tarde en terreno realmente montañoso. Los caminos para seres humanos o animales de carga eran el medio de transporte normal. En el sur de la China actual, excluidos los ferrocarriles, la mayor parte del transporte se realiza por agua o mediante acarreo humano; los funcionarios viajan en palanquín.

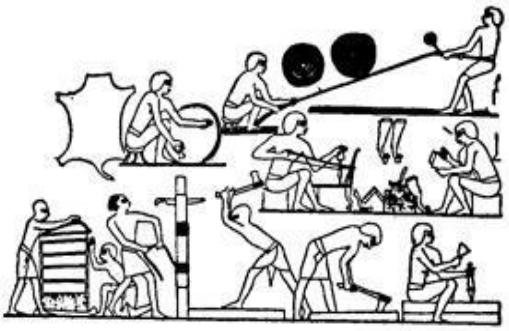
3.4. EL ORIGEN DE LA CIENCIA CUANTITATIVA

Cálculo, escritura y ciencia

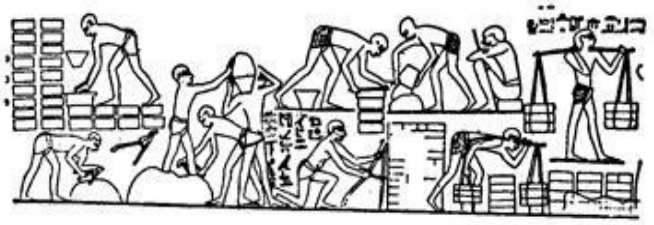
El gran alcance de las operaciones y las grandes cantidades de materiales y servicios implicados en las del templo de la ciudad provocó ese cambio cualitativo que caracteriza el nacimiento de la ciencia consciente. En primer lugar, los sacerdotes, que ya no podían confiar en su memoria, se vieron obligados a consignar de algún modo las *cantidades* de bienes recibidos y entregados. Eso suponía el uso de la *medida,* primero como mera conveniencia —canastas de grano, jarras de cerveza, piezas de tela—, si bien más tarde, para hacerlas comparables, se hizo necesaria cierta normalización. Se adoptó un juego de medidas definido de un templo o de un rey y luego, gradualmente, en beneficio del comercio exterior, estas medidas se fueron coordinando entre las diferentes ciudades. Probablemente después, aunque muy pronto, se estableció la medida del *peso,* que hacía necesario el empleo de la *balanza,* de consecuencias incalculables para la ciencia. La balanza debe de haber sido un producto urbano; en la economía aldeana no hay nada que pueda contarse o medirse —sólo piernas de carnero, lotes de madera, etc.—. El pesaje era necesario ante todo para los metales valiosos, que no podían ser medidos y para los cuales la entidad «pieza» era excesivamente indefinida. La balanza, único medio de comparación de pesos, tiene todos los rasgos de los inventos *científicos.* Su prototipo fue seguramente la pértiga con canastas que se *balanceaba* sobre el hombro. Se necesitaba, con todo, una considerable reducción de su tamaño para que fuera apta para el peso de metales preciosos (fig. 3).[13]

[13] *Las unidades de peso proporcionan la prueba más duradera de la medición primitiva, especialmente por las razones en que se relacionan entre sí, como la equivalencia de sesenta minas a un sido, base de la notación sexagesimal mesopotámica utilizada también en la astronomía. La persistencia de las unidades de peso, como las que se emplean hoy en Europa, que son básicamente de origen romano o incluso anterior, es también una prueba de la continuidad de la medición a lo largo de toda la historia de la civilización.

a



b



c

d

3. TÉCNICAS EGIPCIAS QUE ILUSTRAN LA TUMBA DE REKHMIRÉ (aprox. 1470 a.C.)

(*a*) Cordelería (véase el peso oscilante) y carpintería (véase el empleo del taladro de arco, el escoplo y la sierra).
(*b*) Ladrillería y construcción (véanse las pértigas de transporte).
(*c*) Vaciado del bronce (véanse los fuelles accionados con el pie y la ausencia de tenazas).
(*d*) Acabado de vasos y pesaje de metales preciosos (adviértase el parecido de la balanza y la pértiga para acarrear ladrillos)

Números y jeroglíficos

Incluso antes de que se normalizara la medida fue importante registrar el *número* de objetos, fueran estos cabezas de ganado o canastas de granos, entregadas o recibidas. Al principio esto se hacía mediante simples marcas en un bastón [fig. 1 (e)], y más tarde mediante rayas dibujadas en planchas o trozos de arcilla, hasta llegar finalmente a simbolismos más complicados para expresar grandes números. Cuando era posible olvidarse de qué eran los objetos contados, el número iba seguido de un dibujo o símbolo abreviado para el objeto concreto en cuestión.

Por extensión, estos símbolos empezaron a representar acciones y a sustituir a las palabras, bien solamente por su significado, como en el chino, o por combinación de sonidos parciales, como en los jeroglíficos cuneiformes de Mesopotamia o Egipto, que parecen inspirarse en este procedimiento. La simplificación final del alfabeto, donde los símbolos están en vez de sonidos solamente y no en vez de palabras, no tuvo lugar hasta la Edad del Hierro. De esta manera la escritura, el más importante de los inventos intelectuales y manuales, nació gradualmente a partir del cálculo. Como señala Speiser, «La escritura no fue un invento deliberado sino un subproducto accidental con fuertes huellas de la propiedad privada». Empezaron a consignarse por escrito primero las declaraciones oficiales de naturaleza propagandística, las oraciones de los reyes, los himnos a los dioses y finalmente la ciencia y la literatura.

Matemática, aritmética y geometría

La *matemática, o* al menos la *aritmética,* nació incluso antes que la escritura. La manipulación de los signos para objetos (como simples símbolos) significó que era posible por primera vez realizar las operaciones elementales de adición y sustracción sin necesidad de tener ante los ojos los objetos. Para ello fue preciso establecer una correlación entre dos conjuntos de entidades. El primer conjunto utilizado como modelo fue el de los dedos de las manos, los *dígitos* de la aritmética, origen del sistema *decimal.* En un texto que se encuentra en una pirámide, el alma de un faraón es desafiada por un espíritu maligno para que demuestre que puede contar los dedos de sus manos, pasando triunfalmente el examen. Para cuentas más complicadas y para sumar y restar deben de haberse utilizado piedras *(calculi),* de lo que procedería al término *«cálculo».* Más tarde, las piedras fueron sustituidas por cuentas ensartadas por decenas en alambres, constituyendo la primera y bien práctica máquina de calcular, el *ábaco.* La introducción de la medida hizo posible que se ampliaran las operaciones de

sumar y restar grandes cantidades. Las operaciones más complicadas de multiplicar y dividir nacieron cuando se manejaban cantidades formadas por partes iguales, en especial cantidades relacionadas con las obras públicas —el trazado de canales y la construcción de pirámides—.

La misma operación de construir también contribuyó, probablemente, más que la agrimensura, a la fundación de la *geometría.* Originalmente, las viviendas urbanas fueron simples chozas de aldea hechas de madera o de cañas. En las ciudades, donde el reducido espacio hacía muy peligrosos los incendios, la sustitución de las cañas por adobes fue una mejora de gran importancia. El paso siguiente tuvo consecuencias aún mayores: el invento del bloque de arcilla seca hecho a unos tamaños normalizados: el ladrillo. El ladrillo puede no haber sido un invento original, sino una copia, en el único material disponible en los valles, de ¡os bloques de piedra que se encuentran al natural en las laderas de las montañas. Los ladrillos son difíciles de apilar si no son rectangulares; de ahí que su empleo condujera a la idea de *ángulo recto* y al uso de la *línea recta,* nacida originalmente de la línea extendida por el tejedor o el cordelero (fig.3).[14] La práctica de construir en ladrillo, especialmente las grandes edificaciones religiosas de forma piramidal, no sólo dio nacimiento a la *geometría* sino también a conceptos como los de *área* y *volumen* para las figuras y sólidos, susceptibles de ser determinados por la longitud de los lados. Al principio sólo podía calcularse el volumen de los bloques rectangulares, pero la necesidad estructural de que los muros terminaran en punta condujo a formas más complicadas, como las de la pirámide. El cálculo del volumen de una pirámide era la operación más importante de la matemática egipcia; con este problema quedaron esbozados los métodos del cálculo integral.

También procede de la construcción la práctica de realizar *planos a escala.* Semejantes planos, junto con la regla arquitectónica para su realización, aparecen ya en la estatua de Gudea de Lagash, alrededor del año 2250 a.C. Con estos métodos matemáticos los administradores podían planear de antemano toda la operación de construir un edificio en ladrillo o en piedra. Podían calcular con mucha precisión el número de trabajadores necesarios, la cantidad de materiales y alimentos que necesitarían y el tiempo que podía durar la obra. Estas técnicas eran fácilmente extensibles de la ciudad al campo para delimitar los terrenos, calcular sus áreas y determinar su rendimiento a efectos fiscales. Tal es el origen de la *cartografía* y la *topografía.* Se trataba de una tarea práctica que más tarde dio lugar a la *geometría* —medición de la tierra—. Las

[14] * Con todo, la idea del ángulo recto existía seguramente con anterioridad a la construcción, y probablemente antes del tejido. En las pinturas de las paredes de las cuevas de Lascaux hay lo que se llaman «blasones», figuras rectangulares divididas de un modo irregular según el modelo del tablero de ajedrez, con cuadrados coloreados alternativamente. Su origen es seguramente el tejido, que hoy sabemos llegó a realizarse en el Paleolítico superior.

matemáticas, de hecho, surgieron en principio como un método auxiliar de la producción que la vida urbana había hecho necesario y posible (fig. 4).

La astronomía y el calendario

La capacidad de contar y calcular, derivada de las necesidades prácticas de la administración del templo, fue de aplicación inmediata para ellos en otra de sus actividades, la de hacer calendarios, y en el desarrollo de la astronomía, implicada en lo anterior. El hombre primitivo debe haber dedicado alguna atención al sol, la luna y las estrellas, pero lo natural era que se ocupara más de los violentos acontecimientos de los cielos, como las tormentas, que de los fenómenos regulares y completamente seguros del día y de la noche. El calendario necesario lo constituía la luna, en torno a la cual se han recogido muchos rituales y mitos, por lo que al principio era poco necesario el recurso a las matemáticas o a la astronomía.

Con el advenimiento de la civilización agrícola, el año se hizo mucho más importante que el mes. Cuando las operaciones agrícolas debían planearse a gran escala era necesario saber cuándo se debía tener todo dispuesto para iniciarlas. No hay duda de que la Naturaleza da a menudo indicaciones bastante buenas. La primera de éstas, más tarde degradada al convertirse en la superstición de los *augurios,* partía de la relación bien real de los pájaros con las estaciones. El cuclillo es significativo como anuncio de la primavera. Incluso se le puede atribuir por ello naturaleza divina. Un atento observador de la Naturaleza dispone siempre de un buen calendario sin necesidad de contar los días.

Sin embargo, existe por lo menos un lugar —el valle del Nilo— en que la avenida del río es un fenómeno anual para el que es esencial prepararse de antemano. La duración real del año, 365’2422... días, no es fácil de encontrar, pues exige observaciones cuidadosas y prolongadas del sol y las estrellas. Los sacerdotes egipcios realizaron ese tipo de observaciones llegando ya en el año 2700 a. C., aproximadamente, a compilar un calendario solar que continuó empleándose durante miles de años.

Los sumerios y sus sucesores en Mesopotamia estaban demasiado apegados a la luna para aceptar una solución tan sencilla. En lugar de ello emprendieron la mucho más difícil tarea de reconciliar los calendarios solar y lunar. Ello exigió la anotación de observaciones a lo largo de muchas generaciones y el desarrollo de cuidadosos cálculos. Se completó así el sistema sexagesimal: el círculo tiene 360 grados (lo que es una aproximación bastante exacta a los días del año); la hora tiene 60 minutos, y el minuto 60 «segundos» minutos. Todavía hoy seguimos usando esas normas para medidas angulares y de tiempo. Estos

cálculos del calendario pudieron llevarse a cabo mediante extensas *tablas matemáticas.* Esas tablas eran el desarrollo de las empleadas para los cálculos mercantiles. De ellas surgió buena parte de nuestra *álgebra* y nuestra *aritmética,* incluyendo el importante concepto del lugar de las cifras en la notación que siglos más tarde debía volver a nosotros en forma de numeración árabe (babilonia, persa e hindú), aún hoy en uso.

La astrología

La práctica de las observaciones realizadas en los templos de todas las civilizaciones antiguas, incluyendo las de América, fue mucho más lejos de las necesidades del calendario. El sol, como regulador del año y portador de las cosechas, llegó a ser adorado como un dios. La luna, pese a haber perdido la primacía que tenía en tiempos de los cazadores, no fue, sin embargo, olvidada, extendiéndose las observaciones a las brillantes estrellas errantes y a los planetas, que se convirtieron por sí mismos en divinidades menores.

Todo esto era mucho más de lo que se necesitaba para la agricultura o la navegación, pero por aquella época las necesidades del calendario y de la astronomía habían adquirido un significado religioso. El calendario mismo era necesario para determinar la cada vez más complicada serie de festividades religiosas, cuya escrupulosa observancia —como ocurre con nuestro domingo [15]— se consideraba fundamental para la preservación del orden de la Naturaleza.[16]

La astronomía fue encontrando otras aplicaciones. Su estudio estuvo desde el principio emparentado con la religión. Se ocupaba del mundo celeste, donde vivían después de su muerte los espíritus, especialmente los de los reyes sagrados. Inicialmente este mundo celeste era muy parecido al mundo terrenal. Los egipcios lo consideraban como un techo plano, apoyado en las montañas, a través del cual corría un Nilo celeste, la Vía Láctea. Los babilonios se lo imaginaban al principio como el interior de una amplia tienda de cuatro lados, de la que estarían colgadas las estrellas como si fueran lámparas.[17] Solamente

[15] El domingo —*Sunday*— es el «día del sol» en inglés. (Nota *del Traductor.)*

[16] * El invento de la semana para fines religiosos ha mostrado tener un origen astronómico. Neugebauer ha rastreado su origen hasta una cuarta parte artificial de la aproximación más cercana al mes lunar, que daba automáticamente un mes real de 28-29 días y que sustituía a un calendario lunar todavía más antiguo, dividido en tres conjuntos de nueve días, asociado a la diosa de la Luna, la Hécata de tres caras. El mito de la creación que ocupa la primera parte del primer capítulo del Génesis es una tentativa sacerdotal de justificar esta construcción astronómica, pero con la introducción regular de un sábado cada siete días que le daba un apoyo popular real.

[17] ** El profesor G. Thomson ha desarrollado con fuerza recientemente el argumento expuesto

cuando se hubo inventado la rueda pudo imaginarse con precisión el giro del cielo en torno a un eje situado en el polo. La astronomía china parece haber partido de esta idea de rotación: así lo muestra la antigüedad de la *pi,* objeto semejante a una rueda, que representa al cielo y puede utilizarse prácticamente para determinar la posición de la constelación del Carro. La astronomía china mantuvo durante muchos siglos el predominio de las estrellas del círculo polar sobre la elíptica.

La idea de un movimiento circular de los cielos condujo a dar gran importancia al movimiento de los cuerpos celestes. Se argüía que si estos movimientos regulares de los cielos afectaban a la Naturaleza y dan lugar a las estaciones, igualmente deben afectar a la condición del hombre. Al principio, únicamente el rey divino estaba en relación con los cielos; pero, posteriormente, el privilegio se hizo cada vez más corriente y todo individuo que pudiera pagárselo podía ordenar su conducta por las estrellas. Los siete planetas se domesticaron por completo y empezaron a reinar sobre los días de la semana. Incluso el orden de éstos —Sol, Luna, Marte, Mercurio, Júpiter, Venus— fue originalmente astrológico. La astrología estuvo siempre íntimamente relacionada con la astronomía y, pese a su falsedad fundamental, fue la principal razón de que los hombres se ocuparan durante milenios de la observación de los astros, cosa que, si no hubieran creído en ella, hubiera parecido muy remota e ineficaz.

La medicina

La otra ocupación que ha compartido con la astronomía el privilegio de ser una profesión de las clases superiores ha sido la de la medicina. Pero aquí, aunque su prestigio fuera seguramente muy grande, el éxito real, debido a la esencial complicación de los sistemas vivos, fue necesariamente menor. De hecho no había nada que un médico de aquel tiempo pudiera hacer, salvo curar

---

con anterioridad por Duhem según el cual el origen de la astronomía debe hacerse retroceder a la organización social totémica. Ello se aplica especialmente a la división del cielo en cuadrantes correspondientes a la división del clan, relacionado cada uno de ellos con colores y animales totémicos apropiados. Esto explica también por analogía los cuatro elementos, que en China están vinculados a los cuadrantes. El quinto elemento, central y real, la tierra amarilla, es un añadido característico. Parece como si la ideología o la teoría de la ciencia fuera una adaptación de conceptos derivados de la sociedad a lo que para nosotros es el mundo inanimado, de la misma manera que la práctica de la ciencia se consigue por una extensión de los métodos técnicos del hombre primitivo. Sin embargo, la técnica genera a veces la teoría por sí misma. En este caso concreto la rueda se traslada a los cielos, identificándola con su movimiento, e incluso con el detalle del carro del sol, importante objeto de devoción en la Edad del Bronce. La mística de la rueda, con su movimiento circular, se convierte en una imagen de la vida humana y en una promesa de resurrección.

algunas heridas corrientes, como dislocaciones y fracturas, e intentar evitar que el paciente se matara a sí mismo o lo mataran sus familiares por un tratamiento o una dieta inadecuados. Los médicos podían tener éxito, con todo, en el diagnóstico. En la ciudad se les presentaba un número de casos lo bastante elevado como para permitir la comparación; esas comparaciones, ampliadas por la conversación científica y codificadas por la tradición, son en sí mismas un principio de ciencia. Los médicos, mucho antes de ponerse a escribir, transmitieron sus tradiciones oralmente, al principio en cerrados clanes que más tarde se ampliaron por la enseñanza y la adopción. De la descripción, a veces escrita, de las enfermedades —de lo que tenemos algunos ejemplos extraordinariamente interesantes en los primeros papiros egipcios— nacieron ciencias como la *anatomía* y la *fisiología.*

El diagnóstico —o conocimiento del desenlace de la enfermedad— fue especialmente importante en los tiempos primitivos debido a que las leyes, al menos las babilónicas, disponían que el médico que se equivocaba no sólo podía ser perseguido judicialmente, sino que incluso podía llegar a perder un ojo si por error lesionaba el de su paciente. No puede sorprender, por lo tanto, que muchas de las descripciones de casos que se encuentran en los papiros egipcios finalicen con las palabras «el caso no debe ser tratado».

La medicina oficial clasificó las plantas y sustancias minerales, cuyo conocimiento proviene tradicionalmente de los hechiceros y brujas de las culturas primitivas. Algunas de ellas habían sido seleccionadas por su manifiesta acción purgante o emética; otras, porque de un modo más bien oscuro parecían beneficiosas para algunas enfermedades, ocurriendo algo parecido al hallazgo de la quinina por los indios sudamericanos para combatir la malaria; en la mayoría de los casos, sin embargo, se trataba probablemente de magia pura, basada en semejanzas como la de la mandrágora con el cuerpo humano. Los médicos de la ciudad, con todo, podían recurrir a una región mucho mayor para recoger sus drogas y organizar su producción. Ésta es, más que la agricultura, la fuente de la que surgió la ciencia de la *botánica,* así como los primeros jardines de plantas o botánicos.

La química primitiva

La química no llegó a alcanzar el rango de ciencia admitida en la Edad del Bronce, o siquiera al final de la Edad del Hierro. Con todo, sus bases quedaron establecidas en las múltiples observaciones y prácticas de los trabajadores del metal, joyeros y alfareros. El proceso de fundición de minerales, de purificación de los metales, de colorearlos y de esmaltarlos, implica complejas reacciones químicas que sólo pueden aprenderse tras muchas pruebas, muchas de ellas

infructuosas. Los resultados buenos se conservaron en recetas que debían ser manejadas cuidadosamente y escrupulosamente seguidas. No hay modo de conocer todo el ámbito de los resultados de los químicos primitivos, pero lo que sabemos tiene mucha importancia.

Los químicos primitivos conocieron al menos nueve elementos químicos —oro, plata, cobre, estaño, plomo, mercurio y hierro, así como el azufre y el carbón— distinguiendo y empleando compuestos de otros como el zinc, el antimonio y el arsénico. También conocieron una amplia gama de reactivos, sólidos y líquidos, incluidas álcalis como la potasa y el amoníaco (en forma de orina fermentada) y el alcohol, en forma de cerveza o vino. Su instrumental se limitaba a las vasijas de barro y de metal; carecían de alambiques y no podían ocuparse de los espíritus o gases.

La orientación de su método de trabajo en la dirección de una ciencia racional y *cuantitativa* significó para ellos un poderoso impulso, y esto simplemente por el valor y la escasez de los materiales que manejaban. Los metales preciosos tenían ya desde el principio que ser pesados o medidos, debiendo registrarse las proporciones empleadas en las aleaciones. El *análisis químico* o ensayo, que implica la separación de metales anteriormente en aleación o mezclados en minerales, procede naturalmente de la necesidad de recuperar los metales preciosos y evitar su descomposición. El análisis químico constituyó un importante paso en la historia de la química, y aunque no pueda ser fechado con exactitud, sí cabe en cambio delimitar su nacimiento por la aparición de objetos de oro refinado en lugar de la corriente aleación de oro y plata, es decir, el electro. Conocemos por fuentes posteriores algunos de los procedimientos empleados, como el del antimonio para separar el oro de la plata, y el de la copelación para separar ésta del plomo. El sorprendente éxito y la persistencia de estos métodos quedan demostrados por el hecho de que la receta para la copela en los antiguos papiros egipcios —utilizando simplemente huesos calcinados humedecidos con cerveza— es un método recomendable para hacer copelas. La sorprendente visión de la resplandeciente burbuja de plata hirviente que aparece repentinamente en la masa de plomo produjo una profunda impresión. Se convirtió en el centro del interés químico inspirando analogías espirituales de purificación por el fuego y de resurrección del cuerpo glorioso. Realmente, éste puede haber sido el origen de la cremación (Fig. 8).

De que no tengamos obras sobre la antigua teoría química no debe seguirse que ésta no haya existido. Aunque tal vez nunca la hayan expresado formalmente, los antiguos químicos muestran en sus productos que les eran familiares los principios generales de la oxidación y la reducción, y que podían introducir o eliminar elementos no metálicos, como el azufre y el cloro.

Puesto que se ocuparon principalmente de producir adornos, conocían particularmente bien cómo obtener los colores, y puesto que era la apariencia

lo que más les interesaba, apreciaban sus resultados según su presentación. Al tratar de conseguir que el cobre fuera igual que el oro obtuvieron el *latón;* al intentar producir la turquesa azul o lapislázuli produjeron un *cristal* azulado que fue el origen del *vidrio.* El hecho de que dominaran muchas transformaciones asombrosas les llevó a pensar que nada era imposible para su arte. Su optimismo altamente científico degeneró posteriormente en la superstición mítica de la *alquimia.*

Los químicos primitivos nunca se consideraron a sí mismos como tales, sino como metalúrgicos, orfebres y joyeros. Se trataba de técnicos altamente valiosos, estrechamente relacionados con los sacerdotes y la corte, pero que eran al propio tiempo trabajadores manuales que se ocupaban de algo especialmente bajo o sucio. Su conocimiento no podía considerarse ciencia de la misma manera que la astronomía, la matemática y la medicina. Fue un arte, pero un arte negra de grandes posibilidades mágicas.

3.5. LOS ORÍGENES CLASISTAS DE LA CIENCIA PRIMITIVA

Incluso en este abreviado esbozo de los descubrimientos científicos de las civilizaciones primitivas puede advertirse que de la fundación de las ciudades se siguieron enormes progresos. También queda claro que los progresos científicos, como algo distinto de los progresos técnicos, se limitaban a los que planteaban los problemas de una administración a gran escala. Por lo tanto, fueron sacerdotes quienes los consiguieron, y también quienes los restringieron, pues solamente ellos tenían acceso a la escritura y al cálculo. La misma expresión «jeroglífico» —escritura de sacerdotes— dio lugar a esa limitación. La vinculación a una clase de la ciencia y del aprendizaje en la recién nacida sociedad clasista siguió siendo una de sus características más notables, con escasas excepciones significativas hasta nuestros días. El prestigio de las matemáticas, la astronomía y la medicina como ciencias aristocráticas en las antiguas civilizaciones impresionó tanto a los griegos, y más tarde a los pueblos de la Edad Media, que, junto con la música como una adición de menor importancia, siguieron siendo los pilares de la educación superior, mientras que, en cambio, ciencias básicas como la química y la biología tenían que luchar duramente para conseguir su reconocimiento cultural. Por lo demás, el programa científico general que perduró hasta el siglo XVIII, la comprensión de los movimientos celestes y su relación con la vida en la tierra, estaba ya determinado en esbozo desde el comienzo de la civilización antigua.

Rasgo característico de las técnicas y de la cultura en los primeros Estados-ciudad fue la extraordinaria rapidez de su desarrollo, incluso si lo juzgamos según patrones modernos. Por ejemplo, es sabido que las pirámides de Gizeh, con sus enormes dimensiones, su exactitud geométrica y astronómica y su impecable construcción, se derivaban de las sencillas tumbas de roca solamente en el transcurso de dos o tres siglos, entre los años 3000 al 2700 a. C. aproximadamente. Esta velocidad supone, como el mismo carácter del trabajo, la existencia de hombres prácticos y capaces, deseosos de inventar y probar métodos nuevos en un campo de actividades enorme. Parece que al principio los innova dores eran los mismos técnicos; las leyendas sobre héroes culturales como Imhotep, Tubal-Caín y Dédalo nos los presentan como artesanos que inventaban y hacían por sí mismos nuevos objetos asombrosos.

Escribas y trabajadores

Poco después de la fundación de las primeras ciudades, aproximadamente

en la era de las primeras dinastías egipcias o de los primeros reinos mesopotámicos, estaba ya claro que las necesidades de la organización a gran escala conducían al apartamiento de los organizadores de los procesos técnicos reales. Como éstos eran cada vez más numerosos y necesarios, se convirtieron en una casta visiblemente alejada de los artesanos y con una gran confianza en su superioridad sobre ellos. Un ejemplo muy interesante de esta nueva actitud es el que presenta un fragmento de un papiro egipcio de fecha incierta pero antigua. Se trata de las instrucciones que un padre da a su hijo al enviarlo a estudiar a un «Colegio para la enseñanza de escribas»:

«Yo he considerado que el trabajo manual es violento: entrega tu corazón a las letras. También he contemplado al hombre que se ha liberado del trabajo manual, y de seguro no hay nada más valioso que las letras. De la misma manera que un hombre se zambulle en el agua, igualmente debes descender a las profundidades de la literatura egipcia... He visto al herrero dirigiendo su fundición, y al metalúrgico ante el horno encendido: sus dedos son como la piel del cocodrilo y huelen peor que los huevos de pescado. ¿Y el carpintero, que trabaja o sierra la madera?, ¿acaso puede descansar más que el labriego? Sus campos son la madera, sus instrumentos de trabajo, el cobre. Al descansar por la noche, sigue trabajando más que sus brazos (durante el día). De noche enciende la lámpara...

»El destino del tejedor que trabaja en la habitación cerrada es peor que el de la mujer. Sus piernas están dobladas, encogiendo el pecho, sin que pueda respirar libremente. Si un solo día deja de producir la cantidad de tela que le corresponde, es golpeado como el lirio del estanque. Sólo comprando a los vigilantes de las puertas con sus dádivas puede llegar a ver la luz del sol... Te digo que el oficio del pescador es el peor de todos; realmente, no puede subsistir con (su) trabajo en el río. Se mezcla con los cocodrilos, y si le faltan los bloques de papiro debe gritar (para pedir socorro). Si no le dicen dónde se halla el cocodrilo, el miedo ciega sus ojos. Realmente, no hay mejor ocupación que la del escriba, que es la mejor de todas.

»El hombre que conoce el arte de escribir es superior a los demás por este simple hecho, y esto no puede decirse de las otras ocupaciones de que te he hablado. Realmente, todo trabajador reniega de sus compañeros, y en cambio nadie le dice al escriba: “Ara los, campos de ese hombre” ... Un día (que pases) en la sala de enseñanza es mejor para ti que una eternidad fuera de ella; los trabajos que hagas allí (perdurarán) como las montañas... Verdaderamente la diosa Rennit está en el camino de Dios. Es el sostén del escriba tanto en el día de su nacimiento como cuando, habiéndose convertido en hombre, entra en la Cámara del Consejo. Realmente, no hay escriba que no coma los manjares del Palacio del Rey (¡vida, fuerza y salud para él!).»

Como se habrá advertido, los trabajadores de cuello blanco, o por lo filenos

de falda blanca, se consideraban moral y prácticamente superiores, y esto pese al intenso trabajo que representaban la escritura y los complicados sistemas de cálculo de la civilización primitiva. Los sacerdotes-administradores, apartados del contacto con los objetos materiales, tendían a elaborar sus propios métodos simbólicos y a atribuirles una realidad independiente. En cierto sentido esto fue valioso, puesto que al menos dio a unos cuantos espíritus selectos la tranquilidad necesaria para la reflexión, y así fueron capaces de crear, a partir de estos símbolos, las abstractas construcciones de la matemática. Los grandes éxitos de los calculistas egipcios y babilonios fueron la base sobre la que se construyó más tarde el más abstracto edificio de la matemática griega. Pese a todo, esta preocupación por los símbolos permitió que se mantuvieran ideas mucho más primitivas, como la de la magia simpática de los tiempos cazadores, y posteriormente la creencia, con renovado vigor, en el poder de los espíritus.

Magia y ciencia

De hecho, al debilitarse el primer impulso del progreso técnico, en la magia empezó a ser cada vez más importante. De ser una explicación progresiva, aunque errónea, de las cosas del mundo, se convirtió en un obstáculo para el progreso del pensamiento efectivo. Puesto que partía de los sacerdotes, cada vez más apartados del proceso de producción, se propuso encontrar soluciones a problemas reales que aparentemente eran demasiado fáciles. Al atribuir la salud o el éxito a los espíritus descuidaba la búsqueda de acciones útiles para conseguirlos. También favorecía el empleo de amplias analogías como supuestas explicaciones de los sucesos naturales en términos de las acciones de los espíritus divinos. El mundo de la Naturaleza se consideró como una versión ampliada del mundo del hombre. En realidad todo adelanto en la técnica humana era una invitación a intentar comprender el resto del universo en términos de esa técnica. Los principales mitos sobre la creación ofrecen precisamente explicaciones semejantes. La construcción del mundo se atribuye al trabajo del irrigador supremo que separa el agua de la tierra, y la creación del hombre al supremo alfarero, que lo moldea en el barro. Esos mitos son incluso más *tecnomórficos* que *antropomórficos.*

A reservas de las enormes dificultades que entraña la formulación de teorías científicas generales antes de la creación del lenguaje científico, debemos reconocer en muchos mitos el prototipo de las teorías científicas. En ellos se personifican las fuerzas de la Naturaleza, pero tal vez sus autores, los sacerdotes, consideraran la personificación como un simple modo de hablar. Lo cierto es que las teorías en ellos contenidas fueron advertidas fácilmente por los filósofos jonios, quienes las reelaboraron prescindiendo de los dioses.

Hasta que la ciencia no llegó a un punto en que la mayor parte del medio que hacía referencia a la humanidad fue controlable racionalmente por la acción directa —y esa conquista es bastante reciente— fue muy difícil, sin' embargo, demostrar que la teoría de los espíritus no daba al hombre ningún dominio práctico sobre la Naturaleza. La teoría de los espíritus no parecía peor que otras y, mediante una prudente combinación de fe y probabilidad, incluso era posible imaginar que funcionaba muy bien. Los hombres sanaban generalmente de sus enfermedades, las cosechas se recogían la mayor parte de las veces y podía contemplarse la salida del sol cada mañana.

Con todo, mientras los hombres recurrieron a las explicaciones espirituales de los fenómenos naturales, el desarrollo de la ciencia se vio positivamente frenado, pues no sólo parecía inútil cualquier intento de conseguir una comprensión y un dominio racionales de los fenómenos, sino que esto podía ser incluso peligroso, pues no había duda de que los espíritus se sentirían ofendidos ante tales intentos de despojarles de sus prerrogativas. Ésta es sólo otra manera de decir que peligraba el modo de vida de los sacerdotes, para quienes la teoría espiritual y mágica del universo era un interés creado, y muy especialmente cuando empezaron a decaer las primeras instituciones dependientes de los templos y los sacerdotes comenzaron a depender cada vez más de las ofrendas de los creyentes.

El peligro que para la aristocracia religiosa representaba todo intento de dominar las fuerzas de la Naturaleza es el significado fundamental del mito de Prometeo. El fuego pertenecía en un principio a los cielos y el hombre no tenía derecho a arrebatarlo para sí. Lo que los sacerdotes querían era, en cambio, la piedad: la participación en los ritos propiciatorios, la observancia estricta de los tabús y la resignación ante la voluntad de los dioses. En la medida en que estas ideas eran sancionadas por la autoridad —y adviértase que aún no han desaparecido de la sociedad— era sacrílego preguntarse siquiera por el modo de funcionamiento del universo. Tales investigaciones podían ser mal acogidas por los poderes celestiales, y su venganza era susceptible de extenderse a toda la sociedad y no solamente al investigador. Las fuerzas de la religión estuvieron desde el principio estrechamente identificadas con el mantenimiento de la dase dominante. Cuando, unos siglos después de la fundación de las ciudades, las clases dominantes dejaron de favorecer el progreso material y técnico, la religión contribuyó a detener el avance intelectual.

3.6. ÉXITOS Y FRACASOS DE LAS PRIMERAS CIVILIZACIONES

Consideradas en su conjunto, sin embargo, ¡as civilizaciones primitivas lograron realizar y mantener un enorme progreso en las técnicas y en las ideas. El alto nivel de sus adelantos técnicos queda demostrado por el hecho, tan corriente que no le prestamos atención, de que por lo general vivimos rodeados de utensilios inventados en aquel tiempo y que se han modificado muy poco en el transcurso de 5.000 años. Nuestras sillas y mesas no han cambiado desde que los carpinteros egipcios resolvieron los difíciles problemas del trabajo de la madera. Las sillas de brazos con asiento tejido y patas de garra se conocen aproximadamente desde el año 2500 a. C. Seguimos viviendo en habitaciones con paredes y techos de piedra, ladrillo y yeso; comemos el mismo tipo de alimentos y vestimos trajes hechos con las mismas clases de tejido.

Nuestras propias instituciones sociales han sufrido cambios de menor entidad que los que tuvieron lugar al pasar de las instituciones de las comunidades primitivas a las de las primeras ciudades. Al igual que entonces, tenemos comerciantes, magistrados y soldados, y los trastornos políticos de nuestra época no eran cosa que fuera desconocida para ellos. En otras palabras, la mayoría de nosotros seguimos viviendo en la sociedad clasista que se originó con las primeras ciudades.

Estancamiento técnico

El gran brote de innovación técnica que se suscitó con los comienzos de la vida urbana en los grandes valles ribereños de Mesopotamia, Egipto, India y China no duró más que unos siglos, aproximadamente entre los años 3200 al 2700 a. C. Le siguió un período relativamente largo de estancación cultural y política. Las ciudades conocieron su apogeo y su caída; una dinastía de sacerdotes sucedía a la otra. Hubo invasiones de bárbaros e incluso dinastías bárbaras, pero en cambio no se produjeron cambios esenciales en el modo de producción. Éste continuó basándose en la irrigación agrícola, complementada con el comercio con otras regiones. Las riquezas acumuladas y consumidas en las ciudades provenían del excedente de la agricultura dirigida desde la ciudad. Puesto que ese excedente era relativamente pequeño, comparativamente era muy poca la gente que podía mantenerse de él, tendiéndose a la formación de una clase cerrada. Los sucesores de los administradores originarios que trabajaron para mejorar las técnicas agrícolas se separaron cada vez más de los procesos de producción. Su único interés residía en apropiarse de la mayor

cantidad posible de productos. De generadores de riqueza se convirtieron en explotadores. Exigieron cada vez más bienes para su beneficio particular y para la construcción y mantenimiento de unos templos y tumbas de magnificencia creciente. Su consecuencia fue el empobrecimiento y virtual esclavitud de los campesinos y de los artesanos de la ciudad, dando lugar a conflictos que debilitaron la ciudad-Estado y finalmente detuvieron su progreso técnico e intelectual.

Conocemos detalles bastante amplios de uno de estos acontecimientos. En la ciudad sumeria de Lagash, en su época (2400 antes de Cristo) la más importante del sur de Mesopotamia, tuvo lugar lo que con propiedad puede llamarse una revolución social. Cierto hombre, llamado Urukagina, parece haber arrebatado el poder a los gobernantes de otra dinastía, iniciando toda una serie de reformas sociales encaminadas a limitar la opresión de los burócratas, los sacerdotes y los ricos. Hasta nosotros han llegado testimonios que subrayan las diferencias entre el sistema nuevo y el viejo. Se reprimió el robo y la corrupción, expulsando a los culpables, y se efectuó una reducción general del ejército de inspectores y recaudadores de impuestos. Se privó a los sacerdotes de muchos de sus privilegios; y los tributos que percibían en los entierros, matrimonios y divorcios se redujeron al menos a la tercera parte.

Sin embargo, las reformas no duraron mucho. El nuevo sistema no destruyó a la clase dominante sino que sólo le puso un freno; de modo que, a la primera oportunidad, sus miembros se aliaron con el gobernante de la ciudad rival de Umma, emprendiendo una guerra en que Lagash fue sometida al pillaje y destruida. Uno de los sacerdotes leales escribió tristemente en una tablilla: «Por parte de Urukagina, rey de Girsu, no había pecado alguno. La diosa Nidaba castigue los pecados de Lugal Zaggisi, *patesi* de Umma». El éxito del conquistador tampoco duró mucho, pues fue derrotado por Sargón, el primer rey de Akkad, el fundador del primer imperio mundial, que como Moisés fue o pretendía ser un huérfano hallado por un jardinero.

La guerra

Al final de esta época surgió otra poderosa fuente de desequilibrio en la primitiva economía urbana: la violencia organizada de la guerra. El límite aparente a la explotación de la población agrícola local podía superarse mediante una ampliación del área de la ciudad. Hasta cierto punto podía procederse a ello pacíficamente, pero si varias ciudades seguían la misma política en un territorio limitado, aquélla conducía a conflictos y a la evolución de una nueva institución: la guerra. La guerra, en sentido amplio, es un producto de la civilización. Las luchas tribales del estadio cazador o pastoril tenían más el

carácter de partidos de fútbol que de campañas prolongadas. Aunque podían ser crueles en sus aspectos concretos, difícilmente podían afectar profundamente a la cultura, puesto que en todo caso era imposible concentrar grandes ejércitos o hacer que permanecieran en el campo de batalla más que unos pocos días. Cuando existieron las ciudades, por el contrario, la situación varió completamente. Los ejércitos podían equiparse fácilmente y ser abastecidos con los excedentes almacenados en las ciudades. Las clases superiores que controlaban el gobierno de éstas tenían fuertes incentivos económicos para hacer la guerra. Su riqueza dependía directamente de la extensión del territorio que podían explotar, y existía la posibilidad de apoderarse de las tierras de otra ciudad con los campesinos que las cultivaban. Existía también la posibilidad de obtener un botín material, animal y humano.

La guerra hizo que el reclutamiento y la dirección de los ejércitos se convirtiera en una necesidad vital, cosa que cambió el carácter del gobierno y del Estado. La principal función del jefe del Estado dejó de ser la dirección de la agricultura y las obras públicas y se convirtió en un jefe militar —de sacerdote a rey—. Otra consecuencia de la guerra fue empeorar más aún la condición de la mujer. En la primera fase de la civilización ésta había conservado la gran importancia que tenía en las culturas aldeanas. Cuando la guerra se hizo más importante, los hombres se encargaron de sus funciones administrativas; la mujer, con todo, nunca llegó a verse reducida a la condición de esclava doméstica que había de depararle la Edad del Hierro.

Arte militar y técnica: el ingeniero

A medida que la guerra era más la regla que la excepción y la ciudad empezó a distinguirse de la aldea por su *muralla* defensiva y su *ciudadela* fortificada, la dirección de la técnica empezó a verse cada vez más influida por las necesidades de los ejércitos. Incluso la ciencia recién nacida se vio orientada en la misma dirección. El progreso técnico en la construcción de armas se inició precisamente en un momento en que el progreso en las restantes direcciones se había casi detenido. Sólo hay que pensar en el prestigio que conceden las leyendas a figuras como Vulcano o Wayland el Forjador para comprender la importancia del fabricante de armas. A largo plazo todavía fue más importante la invención de máquinas militares como las catapultas y las torres móviles, que exigen familiaridad con los principios de la mecánica. La necesidad de hacer y de servirse de tales máquinas, de levantar muros y cavar trincheras, originó el nacimiento de la profesión del *ingeniero,* que era primera y principalmente una profesión militar, aunque buscara sus primeros elementos en fuentes civiles.

Otros aspectos de la guerra, más alejados de ella, también fueron un

estímulo para la ciencia. El problema de abastecer los ejércitos, que incluía la construcción de carreteras y canales, figuran entre los más importantes; igualmente, idear las fortificaciones, en lo que se encuentran los ejemplos más antiguos de planos a escala (Fig. 4a). Platón consideraba que el único uso práctico de la geometría era el de establecer las hileras y las filas en el ejército. Si no hubiera existido la guerra, o el sistema social que la originaba, las artes de la paz habrían avanzado mucho más rápidamente. Pero al menos puede decirse que la asociación de la ciencia y la guerra mantuvieron en vida a la ciencia en una época en que decaían los restantes aspectos de la cultura.

El comercio y el imperio

En parte por la guerra y en parte por los sistemas de alianzas basados en el comercio, las ciudades-Estado, originalmente independientes, tendían a integrarse en unidades mayores, bien bajo la estable y opresora preponderancia de una ciudad, como Memfis en Egipto, menos importante por sí misma que por ser la ciudad del rey-dios, o bajo el predominio sucesivo de diversas ciudades, como en los *imperios* de Ur, Larsa, Isin y Babilonia en Mesopotamia. En Egipto, la concentración del poder en manos del rey-dios, el Faraón, y su administración sacerdotal (*Per-ah* significa casa blanca) fue tan grande que pudieron emprenderse obras tan enormes, y no rentables económicamente, como las pirámides. En Mesopotamia, las ciudades fueron más iguales, y aunque en conjunto el despilfarro de las clases superiores puede haber sido tan grande como en Egipto, no fue en cambio tan concentrado. En la India, antes de la invasión aria, existieron grandes ciudades-Estado con ciudadelas, templos y baños parecidas a las de Mesopotamia; faltándonos la comprensión de su escritura, sabemos muy poco para poder esbozar su estructura social. En la antigua China el prestigio del emperador, hijo del cielo, parece corresponderse más con el del Faraón, aunque, durante gran parte de su historia, China ha estado dividida en cierto número de Estados guerreros.

El imperio y el dios supremo

Resultado del desarrollo de los imperios fue la preeminencia dada al dios de la aldea dominante sobre los de las ciudades conquistadas o federadas. Amón, el carnero que originariamente era el tótem del distrito de Tebas, se convirtió, con el nacimiento del imperio tebano, junto con el halcón que era el tótem del dios-sol Ra, en Amón-Ra, el señor de los dioses. El dios local, Marduk, fue igualmente importante en Babilonia.

El poder del dios crecía y disminuía con el del imperio, pero condujo a la idea

de un dios supremo o dominador de todo el mundo. Akhnatón intentó realizar esta idea oficialmente en Egipto con su culto al disco solar, pero fracasó. Así fue como quedó en manos de las oscuras tribus judías la fundación del monoteísmo moderno.

3.7. LA DIFUSION DE LA CIVILIZACIÓN

Cuando la civilización se detenía en su centro su influencia se extendía cada vez más ampliamente. La existencia de los imperios hacía más grave un problema que debía de haberse suscitado ya con el nacimiento de la civilización en los valles ribereños: el de las relaciones de las ciudades-Estado con sus vecinas menos adelantadas de las llanuras abiertas y de las montañas. La civilización había aportado mejores técnicas, como las del arado, la rueda y la hoz de metal, aplicables en el cultivo de tierras distintas a aquéllas en que se originaron. Tendía, por lo tanto, a difundirse de diversas maneras. Una de ellas era simplemente la emigración. Los aldeanos, cuando el territorio de la ciudad fue incapaz de absorber el crecimiento de la población, emigraron con sus rebaños y carros a otros territorios menos hospitalarios pero menos poblados, de modo que las comunidades campesinas se extendieron por todas las tierras cultivables de Europa, Asia, África y posiblemente también de América. Al difundirse se perdieron o simplificaron muchos de los productos más complejos de la civilización, de modo que es difícil distinguir entre los emigrantes civilizados que se habían convertido en nativos y los pueblos de culturas más simples que habían adquirido, por transmisión de sus vecinos, algunas de las técnicas de la civilización.

Otro modo de difusión de la civilización fue el comercio, y especialmente el de los mineros, esos espíritus aventureros de las ciudades que se internaban en territorio incivilizado no ya para establecerse en él, sino para recoger productos locales de valor, especialmente piedras preciosas, minerales y oro. Puesto que los comerciantes tenían que dar, a cambio de ellos, productos hechos en la ciudad, servían para difundir las necesidades y, en menor grado, los métodos productivos de la civilización. Inevitablemente entraban en conflicto con la población local, recurriendo entonces a sus gobiernos para que les protegieran. Esto condujo a un tercer modo de difusión de la civilización, el de la interferencia política y militar que aún hoy asociamos con el *imperialismo.* Las anotaciones de los gobernantes del antiguo Egipto y de Mesopotamia están llenos de datos sobre las expediciones punitivas o invasoras a las montañas del oro al país del marfil o a las islas de las perlas. La interferencia no se limitaba a la acción militar; se conseguían muchos éxitos descubriendo y utilizando los antagonismos mutuos entre las tribus extranjeras o entre fracciones rivales dentro de ellas. La profesión de la *diplomacia* es muy anterior a la civilización clásica.

Los primeros bárbaros

Las expediciones concluyeron algunas veces en auténticas ampliaciones de los establecimientos dominados por la ciudad hegemónica, como ocurrió por ejemplo con los establecimientos mineros de Dür-gurgurri, si bien esta forma de *colonia* es mucho más corriente en la Edad del Hierro. Su principal resultado fue el de generar una creciente oposición a los imperios ciudadanos. Con el tiempo cambiaron las instituciones de los pueblos que vivían a centenares de kilómetros de los centros de la civilización. Ésa era el área de la franja *bárbara.* Los bárbaros aprendieron a utilizar algunos objetos de la cultura material de las ciudades, especialmente los que podían transportarse fácilmente y no introducían grandes cambios en sus propias costumbres. Se trató ante todo de las armas, que, aunque costosas, podían ser de gran provecho para ellos si las utilizaban en sus expediciones contra los centros de riqueza.

Las instituciones tribales de los bárbaros también se transformaron por la introducción de la propiedad privada, magnificando la figura del guerrero y aumentando la autoridad de los jefes. Los efectos fueron aún mayores en las culturas de los pueblos pastores, que eran altamente móviles e inasimilables por la civilización, pero dependientes de ella por muchas de sus necesidades, como la de instrumentos y armas, o los adornos, que no podían producir. Las relaciones entre los bárbaros y las ciudades-Estado fueron variables y complejas. Los imperios poderosos empujaban unas tribus contra otras, invadiéndolas y esclavizándolas. Los imperios débiles se veían minados por la importación de esclavos y soldados bárbaros. Al final fueron completamente superados y gobernados por dinastías bárbaras que por lo común adquirían en seguida la cultura de las ciudades.

La esclavitud

Resultado de las relaciones entre las ciudades-Estado y los bárbaros fue la importancia rápidamente creciente de la esclavitud. La institución de la esclavitud, cuyos nocivos efectos aún se advierten en el mundo actual, es contemporánea del nacimiento de las culturas ribereñas. En los tiempos de la caza o de la agricultura primitiva se daban escasos excedentes. El trabajador producía muy poco más de lo que necesitaba para su sustento. Los prisioneros capturados en las luchas tribales eran adoptados si escapaban al sacrificio. Esclavizarlos no tenía sentido.

En los países civilizados, en cambio, el trabajador agrícola producía mucho más de lo necesario para su manutención. Esto hizo que la captura y el empleo de esclavos fuera algo mucho más atractivo. La captura de esclavos en otras

ciudades, o entre los bárbaros, cosa más fácil y provechosa, se convirtió en seguida en práctica aceptada.

El desarrollo pleno de la esclavitud agrícola no se alcanzó hasta la Edad del Hierro, pero había empezado a producir sus peores efectos sobre la civilización desde el principio de la Edad del Bronce. En los bajorrelieves sumerios más antiguos, aproximadamente hacia el año 3000 a. C., aparecen ya prisioneros atados, destinados a la esclavitud. La existencia de esclavos sin propiedades ni derechos necesariamente había de producir un efecto depresivo sobre los trabajadores libres. Por su vinculación al trabajo de los esclavos, el suyo había de convertirse en algo bajo y despreciable. Existían pocos atractivos u oportunidades para que los trabajadores libres mejoraran sus técnicas, y ninguna para los esclavos. Las clases superiores los despreciaban a todos. Consecuencia de ello fue que el enfoque científico, tan fructífero en las ciencias de las clases superiores como la matemática, la astronomía y la medicina, se distanció de los problemas y de la información que podía hallar en el comercio, de modo que no llegó a extenderse al arte negro de la química o a las bajas prácticas de la agricultura.

Los malos efectos políticos de la esclavitud con frecuencia condujeron inmediatamente a desastres. Cuando más dependía una ciudad de los esclavos menos capaz era de defenderse y más fácilmente podían los bárbaros familiarizados con las técnicas guerreras de las ciudades mismas —como esclavos fugados o más tarde como soldados mercenarios— utilizar ese conocimiento para dominarlas.

La decadencia

Varios siglos antes de su caída, es decir, aproximadamente hacia el año 1600 a. C., las antiguas civilizaciones de Occidente —no así las de China— parecen haber perdido toda capacidad de cambio progresivo, haciéndose cada vez más decadentes. Aunque se mantenía la estructura de la vida civilizada, el arte y la literatura se habían convertido en algo convencional y la religión tendían a ser una masa de ritos cada vez más complicada que podía calificarse propiamente de supersticiosa. Pese a lo mucho que se había perdido u olvidado, alguna ciencia, como la astronomía, consiguió mantenerse e incluso desarrollarse; otras degeneraron en superstición, como el examen cuidadoso de las vísceras de los animales sacrificados, que se utilizaron para predecir el futuro. Éste es sólo un ejemplo del uso del estudio sistemático de fenómenos oscuros para averiguar el destino, al igual que la quiromancia (estudio de la palma de la mano) y la oniromancia (interpretación de los sueños), muchos de los cuales han llegado hasta nosotros, bien en su forma original o en la de los juegos de azar y habilidad,

como en los dados, las cartas y el ajedrez, derivados de aquéllos. En la medida en que desarrollaron la agudeza de las observaciones y los métodos de codificación de sus resultados deben de haber sido, en parte, ciencia experimental. Un descubrimiento clave, como es el de la brújula, fue realizado probablemente por un geomántico chino.

3.8. EL LEGADO DE LA CIVILIZACIÓN PRIMITIVA

Pese a todo, lo que perduró y fue transmitido a sus sucesores debe de haber sido un valioso e impresionante cuerpo de conocimientos, seguramente mucho mayor de lo que puede revelarnos la pala del arqueólogo. Al propio tiempo, el arqueólogo conoce muchas cosas que podían ser desconocidas por los pueblos que vivieron sólo unos siglos después de determinados acontecimientos. Aunque las fuentes del saber pueden haberse perdido, se advierte fácilmente que muchas de sus partes utilizadles han sido asimiladas de un modo desconocido. Como el conocimiento y la práctica se mantuvieron vivos, podían aprenderse por enseñanza oral y por observación del ejemplo de sus practicantes. Sólo una parte de ese saber podía ser asimilado por culturas nuevas basadas en estructuras económicas y sociales diferentes. La enorme acumulación de historia, poesía y literatura de aquellos tiempos se ha perdido en gran parte con la clave de los escritos jeroglíficos y cuneiformes en que estaban anotadas. Lo poco que ha sobrevivido en la Biblia muestra el nivel alcanzado. También debe de haberse perdido gran parte de la ciencia sacerdotal. Las técnicas se han transmitido mejor: el equipo de la vida civilizada y los instrumentos con que se hacía han podido sobrevivir ampliamente y siguen estando en uso hoy.

La ciencia y las técnicas de la Edad del Hierro, e incluso de los griegos, derivan de las del mundo antiguo, en gran parte implícitamente. Podemos estar seguros de ello en el caso de las técnicas incorporadas a objetos materiales y duraderos. Muchas ideas o descubrimientos se han atribuido a algún filósofo griego por la sencilla razón de que es el primer conocido por nosotros que las ha expresado o se las ha atribuido. Una investigación más profunda con frecuencia encuentra algún precedente más antiguo en Egipto o en Mesopotamia, y no tenemos razón alguna para creer que los actuales veredictos de la arqueología son definitivos.

Los herederos de la civilización antigua, los hombres de la Edad del Hierro, no tenían dudas acerca de la grandeza y magnificencia de los imperios que ellos mismos contribuyeron a destruir. Podemos encontrar ecos de la vida de aquellos tiempos en la *Ilíada* y la *Odisea,* que son relatos de saqueo de ciudades y de piratería. Los poetas comparaban su difícil vida y su escasa cultura con el poder, el lujo, la belleza, y sobre todo la tranquilidad de las viejas ciudades. Reverenciaban la sabiduría de los antiguos y reflexionaban cavilosamente sobre la edad de oro.

IV. La Edad del Hierro: la cultura clásica

El período cubierto por este capítulo es de crucial importancia en la historia de la humanidad y especialmente en la historia de la ciencia. A partir de mediados del segundo milenio a. C. cierto número de causas —técnicas, económicas y políticas— transformaron la civilización limitada de unas pocas llanuras ribereñas en otra que abarcaba las principales regiones cultivables de Asia, el norte de África y Europa. La civilización de la Edad del Hierro, a medida que fue desarrollándose, fue menos ordenada y pacífica que la que acababa de sustituir, pero era en cambio más flexible y racional que ésta. La Edad del Hierro no dio lugar a progresos técnicos tan enormes como los que señalaron el comienzo de la Edad del Bronce, pero los progresos que llegó a conseguir, basados en un metal más barato y abundante, se extendieron mucho más y no sólo geográficamente sino también entre las clases sociales.

En este capítulo nos ocuparemos principalmente de la Edad del Hierro en la región mediterránea, de la civilización clásica de los griegos y los romanos. Procederemos así, en parte porque ésta se conoce mucho mejor que las culturas contemporáneas de ella de la India o la China. Razón más importante, sin embargo, e íntimamente relacionada con el objeto de este libro, es que fue la región mediterránea la que hizo nacer la primera ciencia abstracta y racional, de la que se deriva directamente la ciencia universal de nuestra época. Como veremos en los capítulos siguientes, las civilizaciones de la India y de China han contribuido enormemente a la cultura común, especialmente en matemáticas, física y química, y en sus aplicaciones, como la brújula, la pólvora y la imprenta. Sin embargo, estas contribuciones sólo entraron en la gran tradición de la ciencia y la tecnología cuando sus bases quedaron determinadas en su forma helenística.

4.1. LOS ORIGENES DE LAS CULTURAS DE LA EDAD DEL HIERRO

Los bárbaros que invadieron las culturas de la Edad del Bronce del este antiguo habían sido incapaces de formar estados estables en sus propios territorios, cubiertos en su mayor parte de bosques o estepas áridas en los que faltaban los medios de establecer cualquier forma de agricultura sedentaria. En la última mitad del segundo milenio a. C., se habían reunido estas condiciones gracias a la combinación de factores sociales y materiales, que únicamente

ahora empezamos a comprender. Uno de ellos fue la penetración y transformación de los clanes sociales bárbaros por la influencia de las economías clasistas de las ciudades, con su exaltación de la propiedad privada, el caudillaje y la producción de armas.

El impacto del descubrimiento del hierro

Estas tendencias se vieron acentuadas poderosa y tal vez decisivamente por el descubrimiento y empleo de un nuevo metal, el *hierro.* Sigue siendo un misterio dónde y cuándo se produjo por primera vez en cantidad. El primer hierro utilizado fue el hierro natural de los meteoritos, tratado mediante el calentamiento y el martilleo, como el cobre; pero era demasiado raro para ser otra cosa que un metal precioso. El primer hierro obtenido a partir de algún mineral fue probablemente un subproducto del tratamiento del oro, y debe de haber sido incluso más raro que éste. En cantidades apreciables parece haberse obtenido primero al sur del Cáucaso por la legendaria tribu de los cálibes, en el siglo xv a. C., pero no llegó a aparecer en cantidades suficientes para ser importante técnica y económicamente hasta mediados del siglo XII a. C. La amplia distribución del hierro y la facilidad de su trabajo pusieron fin al monopolio de la civilización por los viejos imperios ribereños de Egipto y Babilonia. Otros dos factores aceleraron el proceso: la aparición de *jinetes* procedentes de las estepas, que habían sido capaces de domesticar los caballos salvajes, mucho más fuertes que los asnos, y las rápidas mejoras en el manejo y construcción de *barcos,* cosa que es un subproducto de la tecnología del hierro.

La metalurgia del hierro

El hierro utilizado en la antigüedad, y en rigor hasta el siglo xiv de nuestra era, se obtenía mediante un proceso de reducción a baja temperatura en un pequeño horno de arcilla soplado a mano. El *lingote* resultante, de hierro esponjoso y puro, sin fundir, se golpeaba para hacer las barras de *hierro forjado,* del que podían derivarse formas más complicadas por la *forja* y la *soldadura.* La primera elaboración de las técnicas de la metalurgia del hierro debe de haber sido fruto de una experiencia larga y difícil. Tal técnica era completamente diferente de la del cobre, y ésta es seguramente la razón de que la metalurgia del hierro se iniciara tan tardíamente. Una vez introducida, con todo, sólo necesita un instrumental muy -simple, pudiendo ser enseñada y aprendida rápidamente. El hierro podía producirse en cualquier lugar en que hubiera bosques y mineral de hierro, o sea, casi en todas partes, una vez que se conocía el proceso de elaboración.

El hierro tiene una desventaja importante respecto de los otros metales de los primeros tiempos: no podía ser fundido a falta de fuelles lo bastante poderosos para soplar el horno, y el vaciado quedó, por lo tanto, reservado al bronce en todas partes, salvo en China, donde el hierro se fundía ya en el siglo n antes de Cristo. El hierro no llegó a sustituir al bronce: simplemente, complementaba a éste en cuestiones corrientes. En la Edad del Hierro se produjo mucho más bronce que en la Edad del Bronce misma. El hierro obtenido en lingotes por el procedimiento del martilleo y la forja era un acero pobre en carbono, resistente pero blando. Se conocían muchas formas de auténticos aceros más duros —el cálibe de los cálibes, el ferrum acerrum, el hierro cortante, el acier— pero sus métodos de fabricación se conservaban en secreto entre las tribus de forjadores. El mundo de la ciencia no llegó a conocerlos hasta la obra de Réaumur en 1720. El secreto consistía esencialmente en echar más carbono para que se combinara con el hierro y luego endurecer éste por medio del temple y el enfriamiento rápido. Los mejores aceros los producían los chinos —el hierro chino— y los indios, cuyo *acero wootz* se exportaba para hacer las famosas espadas damasquinadas. El buen acero era tan raro y se cotizaba tan alto que las espadas hechas de él se consideraban mágicas, como el *Excalibur* de Arturo o el *Balmung* de Sigfrido en tiempos posteriores. El acero templado era mucho más raro que el bronce, y a excepción de su empleo en las armas no desempeñó ningún papel importante en la técnica hasta el siglo XVIII.

La introducción del hierro coincidió con una época de emigraciones. Tribus más o menos bárbaras empezaron a emigrar desde la Europa oriental o el Caspio al Mediterráneo oriental a partir del siglo vil a. C. Al mismo tiempo tenían lugar en Asia movimientos similares entre los hititas, escitas, persas y arios. La gran movilidad de los jinetes y de los pueblos navegantes y su gran cantidad de nuevas armas hizo difícil que los viejos imperios les opusieran una gran resistencia militar. Podemos pensar que el fracaso militar es un indicio de la falta de apoyo popular de las antiguas civilizaciones; las masas populares simpatizaban más fácilmente con los invasores que con sus propios gobernantes, ineficaces y rapaces. Además, los pueblos de la Edad del Hierro, una vez establecidos, se mostraron capaces de constituir prósperas comunidades agrícolas o comerciales en tierras anteriormente improductivas. Consecuencia de ello fue que se redujera la preeminencia política y de las antiguas civilizaciones ribereñas, de modo que ya no figuraron nunca más entre los grandes centros del progreso humano y cultural, aunque muchas de sus conquistas culturales, materiales y espirituales se transmitieran a los nuevos pueblos, conservándose algunos de sus documentos.

De hecho, los núcleos reales del progreso se trasladaron a la periferia de las antiguas civilizaciones, hacia los asentamientos de los bárbaros que habían intentado destruir los viejos centros de la civilización pero que concluyeron

desarrollando ésta en otros lugares. Los arios, los persas y los griegos, así como más tarde los macedonios y los romanos, fueron herederos de las viejas civilizaciones de Egipto y Babilonia. La situación de la China era excepcional: casi completamente rodeada de estepas, desiertos y regiones montañosas, existían pocas posibilidades de que se constituyeran Estados bárbaros agrícolas fuera de sus fronteras. Los nómadas bárbaros que repetidamente llegaron hasta ellas fueron absorbidos por la antigua cultura china. Esa cultura, que pertenece fundamentalmente a la Edad del Bronce pero que se ha visto profundamente modificada por las técnicas de la Edad del Hierro, ha mantenido su continuidad directamente hasta nuestra época.

El hacha y el arado

Las guerras y la destrucción de la Alta Edad del Hierro no dejaron de tener sus compensaciones. La sustitución de las viejas culturas por las nuevas supuso alguna pérdida de continuidad, pero también la eliminación de muchos escombros culturales acumulados y la posibilidad de construir estructuras mucho más sólidas sobre los viejos fundamentos. Si los guerreros a caballo y las expediciones piratas son símbolo de las destrucciones de aquel período, también es cierto que los leñadores con sus hachas y los campesinos con sus arados de hierro compensaron ampliamente la destrucción. Los usos primitivos del metal se realizaron esencialmente en los productos de lujo de la vida ciudadana y en las armas de una pequeña *élite* de guerreros de alto nacimiento. El bronce fue siempre demasiado caro para la gente corriente, que empleaba casi siempre instrumentos de piedra cuya forma apenas se había modificado desde el neolítico. El hierro, en cambio, aunque al principio y durante muchos siglos fue inferior al bronce, estaba ampliamente distribuido y podía obtenerse fácilmente y trabajarse localmente por los forjadores de las aldeas. A consecuencia de esta abundancia se abrieron nuevos continentes para la agricultura. Era posible talar los bosques y construir canales, dedicando al cultivo los nuevos campos. Europa, de ser literalmente una selva virgen se convirtió en un nuevo «dorado oeste», por sus campos de trigo, puesto que su oro se había agotado ya hacia el final de la Edad del Bronce. El consiguiente incremento de la población alteró rápidamente el equilibrio del poder entre las secas tierras de labor de los países occidentales y los viejos cultivos regados por los ríos del Oriente.

Los navíos y el comercio

Otra característica de los agitados tiempos de la Edad del Hierro, de

importancia incalculable para el pensamiento humano y en especial para la ciencia, fue el empleo de las rutas marítimas para la difusión de la cultura de un modo mucho más rápido que el que hacían posible los viejos caminos terrestres. Por otra parte, y esto es más importante, el transporte marítimo era mucho más barato que el terrestre; con las grandes facilidades que para la construcción naval ofrecían los instrumentos de hierro se hicieron barcos mejores y más grandes. En el Mediterráneo los cretenses habían tomado la iniciativa en la construcción naval en la Edad del Bronce. El hundimiento de su imperio marítimo, primero por el empuje de los micenios semigriegos y después por los aqueos, más barbaros, de los Balcanes, y por las tribus del Asia Menor emparentadas con estos últimos, fue la señal para que se iniciase un largo período de piratería y de saqueos de ciudades. La historia inmortal de Troya recuerda una de estas expediciones. Naturalmente, la piratería hacía difícil el comercio, pero también sirvió para hacerlo rentable y los primeros piratas, atraídos por éste o acobardados por la mayor efectividad de las defensas de las ciudades, fueron dedicándose gradualmente al comercio, a la exploración y a la colonización.

En la Edad del Hierro el comercio dejó de ser característico de una docena de grandes ciudades, como Tebas y Babilonia, y empezó a distribuirse más y más entre los centenares de nuevas ciudades que los primeros pueblos del período del hierro, como los fenicios y los griegos, iban fundando en las costas del Mediterráneo y del Mar Negro, únicamente las regiones próximas al mar se beneficiaron plenamente de la cultura de la Edad del Hierro. En las regiones alejadas de él la época alumbró grandes posibilidades para la agricultura y la guerra, pero no existiendo medios para transportar grandes producciones a larga distancia, esas regiones no prosperaron económicamente ni siquiera en el grado alcanzado por las civilizaciones de la Edad del Bronce, con su transporte fluvial. Fueron, por lo tanto, incapaces de producir nada radicalmente nuevo. Los asirios, pueblo típicamente terrestre en el primitivo período del hierro, se distinguieron sobre todo por su crueldad en la guerra. Conservaron durante algunos siglos la vieja cultura babilónica, incluyendo la continuación de las observaciones astronómicas, valiosísimas para la ciencia del futuro, pero añadieron poco de su propia cosecha. La ventaja de las rutas marítimas no quedaba suplida plenamente con las carreteras abiertas primero por los persas y más tarde por los romanos. Tenían menos valor económico que administrativo y militar. El transporte terrestre a gran escala no podía llegar a ser económico hasta el desarrollo de efectivas carretas arrastradas por caballos, en la Edad Media. Pero ni siquiera era útil a larga distancia: esto sólo se consiguió con la construcción de buenos caminos en el siglo XVIII. La facilidad del transporte marítimo dio una ventaja a la región mediterránea primero, y más tarde a toda Europa, con su recortada costa, sobre África y Asia.

China, con su red de ríos, lagos y canales, tuvo también algunas de estas ventajas; con todo, al mantener gobiernos burocráticos, parecidos a los de la Edad del Bronce modificados, incluso durante el período de los Estados guerreros, no alcanzó los progresos económicos y políticos de la Edad del Hierro.

4.2. LAS CIUDADES DE LA EDAD DEL HIERRO

La política

En sus primeros estadios, la Edad del Hierro significó un retorno a la unidad económica a pequeña escala. Sus primeras ciudades raramente tenían una población superior a unos pocos miles de habitantes, en contraposición a los cientos de miles de las ciudades de la Edad del Bronce. Pero hacia el siglo v antes de Cristo, con el desarrollo de la esclavitud, fueron posibles ciudades mucho mayores. Atenas alcanzó una población máxima de 320.000 habitantes, de los cuales sólo 172.000 eran ciudadanos, en tanto que Roma, en el apogeo de su poderío, tenía alrededor de un millón. Las primeras ciudades se formaron por la aglomeración de aproximadamente una docena de aldeas. Esto, con todo, no significó un retorno a las condiciones del neolítico, sino que la población en general alcanzó un nivel de vida tan alto como en la Edad del Bronce, cuando no superior. Las ciudades de la Edad del Hierro habían heredado y podían emplear todas las artes de las de la época precedente, salvo la organización de obras a gran escala. Las primeras ciudades de la Edad del Hierro, con sus restringidos dominios, raramente construían otra cosa que fortificaciones, albergues y, ocasionalmente, acueductos. Tenían, además, el uso de un metal que mejoraba enormemente la agricultura y la manufactura y no necesitaban ser autosuficientes: podían confiar en el comercio tanto para artículos de primera necesidad como para los de lujo. Esto sólo era posible porque las mejoras en los métodos de producción hacían necesario que se produjeran bienes para el mercado. La Edad del Hierro es la primera en la cual la *producción de mercancías* fue una parte normal y de hecho esencial de la actividad económica.[18] Otra

[18] * El profesor G. Thomson utiliza el criterio de la producción de mercancías, tomado de Engels, para definir la civilización y negar así, por implicación, el calificativo de «civilizadas» a las ciudades de la Edad del Hierro. Pretende además que esta definición «es superior a la tradicional, corriente entre los arqueólogos burgueses, según la cual la civilización es la "cultura de las ciudades"». Para él la escritura y la división en clases son tan características de la civilización como el desarrollo urbano. En mi opinión, y como creo que es evidente en el contexto, donde la civilización se contrapone a la sociedad comunal de clan, Engels no trataba de limitar la civilización a su fase postrera y claramente la más desarrollada de la ciudad griega. Es cierto que la definición de la «cultura de las ciudades» es puramente descriptiva. Lo que importa de las ciudades sólo puede comprenderse en términos de relaciones productivas, de modo que la división del trabajo y la separación en clases parecen ser inseparables de la existencia de la ciudad en su primera fase. La forma física de la ciudad y su estructura social se desarrollan conjuntamente y, en mi opinión, el todo resultante merece el calificativo de civilización, que se aplica tanto a Ur como a Atenas, a

característica económica y social de la Edad del Hierro fue el empleo de esclavos no solamente, como antes, para la servidumbre, sino como medio de producción para el mercado. Así ocurrió principalmente en la agricultura y en las minas, pero se extendió también a las manufacturas. La esclavitud, como veremos, cobró importancia rápidamente hasta convertirse en la forma de trabajo predominante. Fue también un factor sustancial en el derrumbamiento total de la cultura, con la consiguiente transformación de los esclavos y los hombres libres pobres en la clase común de los siervos.

La ciudad de la Edad del Hierro fue casi desde el principio un centro bien situado para el comercio y la manufactura, susceptible de obtener del exterior su materia prima e incluso su fuerza de trabajo, los esclavos, a cambio de la venta de sus productos.

Junto a estas ventajas existía un peligro de guerra mucho mayor. La nueva cultura había nacido de ella, del saqueo de ciudades en pugna permanente. Era difícil eliminar esos hábitos: la defensa tenía prioridad sobre todo, y las ciudades se construían, de un modo lleno de inconvenientes, en las cimas de las montañas, como la antigua ciudad alta o Acrópolis de Atenas, o en islas, como Tiro, y los ciudadanos tenían que ser automáticamente soldados. Con todo, la pequeña ciudad de la Edad del Hierro fue mucho más sencilla y más libre que la vieja ciudad del valle ribereño. También ofrecía mayores horizontes a los ciudadanos, que se vieron obligados a organizarse por sí mismos para atender a los intereses comunes en vez de tener un lugar asignado en una jerarquía preordenada. En este sentido, la ciudad de la Edad del Hierro originó la *política,* y las luchas políticas entre las clases de las ciudades dieron lugar, sucesivamente, a formas políticas como la *oligarquía,* la *tiranía* y la *democracia.*

El dinero y el crédito

Un gran invento social producido por la expansión y la inestabilidad interna de las civilizaciones de la Edad del Hierro fue la de la *moneda* metálica, primero en forma de barras estampadas en Lidia y luego, antes del siglo VII a. C., en forma de moneda. El metal se había utilizado ya como medio de cambio en los antiguos imperios, pero su empleo era una excepción y la entrega y el pago en especies, en cambio, la regla. La moneda, que se convirtió muy pronto en la medida de cualquier otro valor, convirtió todas las relaciones sociales establecidas en las de comprar y vender. Precisamente a causa de su carácter general y anónimo, el dinero, que da derechos sin crear obligaciones, hacía necesario que el poder se

---

pesar de que ambas son características de dos estadios de desarrollo enormemente distanciados.

concentrara en manos de los ricos. Al propio tiempo, al abolir la vieja distribución tribal de la riqueza real, despojada a los pobres de toda protección. Para éstos la existencia de la moneda fue algo negativo: vivían en un estado crónico de *deudas.* Realmente, la opresión del pobre es tan vieja como la civilización misma. Sin embargo, había diferencias reales en las formas que adoptó esa opresión en las antiguas civilizaciones y en la Edad del Hierro. En el primer caso se trató de algo gradual y parcial: la economía se derivaba directamente de la sociedad tribal y la tradición constituía una barrera contra la acción arbitraria. El campesino tenía muchas obligaciones, pero también tenía derechos; si él pertenecía a la tierra, también la tierra le pertenecía a él. Sus pagos se efectuaban en especie y las operaciones comerciales y las deudas se limitaban a la población urbana. En la Edad del Hierro hubo una transición brusca de una economía de clan a una economía dineraria. En unas pocas generaciones se perdieron costumbres inmemoriales y la ley del dinero podía atropellar todos los derechos.

Por otra parte, el agricultor era potencialmente mucho más independiente. Si consideraba que su situación era intolerable podía unirse a un grupo y formar una colonia. Y si muchas personas la consideraban insufrible podían llegar y llegaban a la revuelta. Puesto que el hierro era de uso corriente y todos los ciudadanos tenían educación militar, esas revueltas a menudo se veían coronadas por el éxito, y el temor a ellas mantenía a raya a tiranos y oligarcas.

Con todo, desde el principio de la Edad del Hierro la opresión del poder del dinero y el éxito repetido, pero inevitablemente temporal, de las reformas o revoluciones se convirtió en el tema general de la historia de la ciudad. Hacia el final del período clásico, bajo los imperios helenísticos y romano, el poder del dinero parece haber triunfado absolutamente, pero su triunfo real condujo a un estado de pobreza y desesperación tan generalizado, que todo el sistema se derrumbó, tornándose en otro mucho más simple de economía feudal, en él que la moneda desempeñó, al principio, solamente un papel secundario.

El alfabeto y la literatura

Uno de los progresos de la Edad del Hierro de importancia para el origen de la ciencia fue la vulgarización de los sistemas de escritura —jeroglífica y cuneiforme— de los antiguos imperios, que habían evolucionado hasta convertirse en el sencillo *alfabeto* fenicio, el cual convirtió las operaciones de *leer* y *escribir* en algo tan económico y democrático como el hierro. El alfabeto nació del comercio entre pueblos de diferentes lenguajes que tenían que tratar de las mismas cosas. Como su simbolismo se basaba en el sonido, se podía aplicar a todas las lenguas y al propio tiempo abría el universo de la

comunicación inteligente a un círculo mucho más amplio que el de los sacerdotes y funcionarios de los antiguos tiempos. La escritura dejó de estar limitada a los documentos oficiales o mercantiles, empezando a aparecer la *literatura* en forma de poesía, historia y filosofía. Naturalmente, la poesía y la prosa, narrativas por sí mismas, en la forma de *epopeyas* y *sagas,* deben de ser muy anteriores al alfabeto o tal vez a la escritura jeroglífica, estando en manos de juglares o narradores profesionales. No puede decirse que el alfabeto sea esencial para la producción literaria, como muestra el ejemplo de China. Con todo, los progresos de China sólo fueron posibles por la creación de una clase feudal burocrática que monopolizaba la cultura y, en parte, la esterilizaba.

4.3. FENICIOS Y HEBREOS

Los primeros pueblos que se beneficiaron de las nuevas condiciones de la civilización de la Edad del Hierro fueron los fenicios de la costa siria. Favorecidos por hallarse en el centro de los grandes imperios antiguos de Egipto y de Asiria y por el excelente material para la construcción de barcos constituido por las maderas procedentes del Líbano, se dedicaron al comercio, explotando el transporte marítimo, e inventaron el alfabeto, que popularizaron por todas partes. Con todo, se mantuvieron demasiado apegados —incluso en sus colonias más lejanas, como Cartago o Cádiz— a la continuidad de su cultura con la antigua civilización babilónica, limitándose a adaptarla a las nuevas condiciones y sin crear muchas cosas nuevas, aunque cabe pensar que muchos de sus progresos fueron destruidos o descuidados por los romanos.

A los judíos, estrechamente emparentados con los fenicios y que compartían con ellos una mezcla de cultura egipcia y babilónica, les estaba reservado un papel muy diferente en la historia cultural. Situados como estaban entre los pueblos guerreros —egipcios, hititas y filisteos, seguidos después por los persas y los griegos— y sin los recursos del comercio marítimo, su independencia fue siempre precaria y sólo llegaron a constituir una entidad nacional por la evolución de una tradición cultural o derecho contenido en un libro: la Biblia. Fueron también, como pueblo pequeño habitante de un territorio relativamente pobre, capaz de escapar, aunque sólo mediante continuos esfuerzos, a la dominación de los reyes u oligarcas nativos. Estas dos razones hacen que la independencia, la libertad y la democracia estuvieran indisolublemente vinculadas a su religión. En esto los judíos fueron un caso excepcional en el mundo antiguo, y la influencia de su religión y de sus libros sagrados basta para demostrar su enorme importancia para el posterior desarrollo de la civilización.

La Biblia: derecho y rectitud

La Biblia hebrea, o lo que nosotros llamamos Antiguo Testamento, es algo muy superior a una colección de historia y leyendas antiguas, tan valiosas como puedan ser éstas para nuestra comprensión del pasado. Su primera redacción data del siglo v a. C., manteniéndose desde entonces como instrumento de unidad religiosa y nacional. Se trata de un libro que contiene una moral y que está lleno de propaganda expresada poéticamente. La propaganda es tan antigua como la escritura, pero hasta entonces sólo se había utilizado para ensalzar la grandeza y el poder de los reyes y de los sacerdotes. La propaganda

de la Biblia, en cambio, es cosa diferente. Se trata de algo esencialmente popular que ensalza las ideas de *derecho* y de *rectitud.* Su carácter único no reside en estas ideas separadamente, puesto que los judíos las compartían con otras culturas, sino en su combinación. La rectitud o virtud, tal como la encontramos en la Biblia, es en gran parte una protesta contra los abusos de los ricos y poderosos que, entonces como ahora, eran amigos de emplear extraños modos de opresión. Podían ser mantenidos a raya por medio de la ley y la convención, apoyados en su momento por la violencia popular. Los judíos fueron el primer pueblo conocido que luchó por una idea, y las guerras de los Macabeos dan pruebas de su fanatismo y belicosidad. La historia judía es una continua afirmación de los derechos del pueblo en nombre de Dios. La Biblia ha servido con frecuencia, directamente en la cristiandad e indirectamente a través del Corán, de inspiración de los movimientos revolucionarios populares.

El Génesis

Existe en la Biblia, sin embargo, otro elemento no característicamente judío que ha afectado más a la ciencia. Los primeros libros de la Biblia son versiones de las viejas historias babilónicas o sumerias sobre la creación. Significan un intento de dar cuenta del origen del mundo y del hombre, intento muy valioso al haberse realizado hacia el año 3000 a. C., en los comienzos de la civilización. Estos mitos, una vez que hubieron sido aceptados por las primeras tribus hebreas, se convirtieron en seguida en la justificación esencial del pacto entre Dios y Su pueblo, y estuvieron, por lo tanto, sustraídos al examen y a la crítica. Poco después, al estar incluidos en sus libros sagrados, se convirtieron en literal revelación divina y se aceptaron con la fe.

La fe de los judíos, tanto en su forma original como en la del cristianismo, ampliamente derivada de ella, sobrevivió al derrumbamiento de la civilización clásica por estar profundamente arraigada en la creencia popular. De este modo fue mucho más sólida para resistir los malos tiempos que las construcciones más lógicas, pero escasamente más científicas, dé los filósofos griegos, consideradas por el pueblo, como eran en efecto, justificaciones cuidadosamente elaboradas del dominio de la clase superior. En las nuevas civilizaciones que crecieron sobre las ruinas de las antiguas, la religión fue el principio de organización fundamental, y de acuerdo con la Biblia y el Corán tuvo una autoridad absoluta, tanto en cuestiones de fe y de moral como en cuestiones científicas. Los últimos capítulos de este libro mostrarán con qué dificultad y cuán imperfectamente el pensamiento humano se ha ido emancipando de estas reliquias fosilizadas de los mitos del hombre primitivo.

4.4. LOS GRIEGOS

Los griegos fueron quienes lograron mayor éxito en la explotación de las nuevas condiciones de la Edad del Hierro. Tuvieron la doble ventaja de estar más apartados de la influencia conservadora de las civilizaciones más antiguas, mientras que utilizaban ampliamente sus tradiciones. Al propio tiempo, en el primer período de formación de su cultura, estaban protegidos, por su pobreza, su lejanía y su poder marítimo, de los sucesores menos cultos pero más militaristas de los antiguos imperios: las potencias terrestres de los medos y los persas.

El hecho de que la consciente e ininterrumpida continuidad de la historia y de la ciencia nos provenga casi totalmente de los griegos es, aunque sólo en parte, cosa accidental. Los griegos fueron el único pueblo que procuró, casi siempre inconscientemente y sin admitirlo expresamente, aprender cuanto podía conseguirse, después de siglos de guerras destructoras y desprecio, de los antiguos imperios de Egipto y Babilonia. Pero hicieron también algo más: con su agudo interés y su inteligencia transformaron esos conocimientos en algo que era al mismo tiempo mucho más sencillo, abstracto y racional. La cadena del conocimiento no se ha interrumpido nunca desde los griegos hasta nuestros días. A veces puede haberse perdido, pero siempre ha sido posible encontrarla de nuevo para volverla a utilizar. El saber de las antiguas civilizaciones sólo afecta al nuestro a través de los griegos. Lo que sabemos de las conquistas intelectuales del antiguo Egipto y de Babilonia por sus propios documentos lo hemos aprendido demasiado tarde para que pueda afectar directamente a nuestra civilización.

La cultura clásica

Entre los siglos XII y VI a. C. se construyó en las tierras de Grecia una cultura unificada que hizo un amplio resumen del saber existente añadiéndole a su vez algo nuevo. El resultado, la *cultura clásica,* como la llamamos nosotros, ampliada aunque no modificada sustancialmente por las de Roma y Alejandría, ha continuado siendo la piedra angular de nuestra moderna cultura universal. La cultura clásica fue sintética; utilizaba todo elemento cultural que encontraba en los países que ocupaba o con los que entraba en relación. No fue, sin embargo, mera continuación de esas culturas. Se trató de algo notablemente nuevo. Las características que distinguen a la cultura clásica no son, con todo, algo que pudiéramos considerar como estrictamente cultural. Han existido antes y después de ella otras civilizaciones que tienen también un arte y una literatura

propias. Las grandes contribuciones de la cultura clásica tuvieron lugar en las instituciones políticas, especialmente con la democracia, y en la ciencia natural, como en la astronomía y en la matemática.

El nacimiento de la ciencia abstracta

El carácter único del pensamiento y la acción griegos reside precisamente en ese aspecto de su vida que hemos llamado modo científico. Por esto no debe entenderse simplemente el conocimiento o la práctica de la ciencia, sino la capacidad de separar las proposiciones factuales y verificables de las emotivas o tradicionales. En este modo característico es preciso distinguir dos aspectos: el de la racionalidad y el del realismo, esto es, la capacidad de afirmar algo mediante la argumentación y el recurso a la experiencia común.

Los griegos pudieron conseguir eso, aunque sea sólo parcialmente, gracias a las circunstancias históricas en que se desenvolvió su cultura. Los griegos no hicieron la civilización ni la heredaron: la descubrieron. La ventaja obtenida así residía en que, para ellos, la civilización era algo nuevo y excitante que no podían dar por supuesto. La cultura original de la Grecia peninsular era del simple tipo campesino europeo. Era incapaz de competir con las culturas mucho más elaboradas de los pueblos con que se relacionaban los griegos —la extraordinariamente rica y misteriosa cultura secundaria de Creta y Anatolia, de la que deriva la cultura clásica—. Las palabras terminadas en «issos» e «inthos» parecen ser de origen cretense; algunas de ellas han llegado hasta nosotros en nombres propios como Narciso o Jacinto. La influencia de los centros originarios de la civilización, como Mesopotamia y Egipto, sobre los griegos no se inició hasta mucho más tarde[19].

[19] * De las excavaciones y descubrimientos recientes parece desprenderse claramente que la continuidad entre los griegos, los cretenses y las civilizaciones de la Edad del Bronce es mucho más estricta de lo que se creía anteriormente. Se han hallado muchas correspondencias de detalle entre la cultura de Creta y la prehitita del Asia Menor. El descubrimiento más revolucionario es el de Ventris, que demostró que los cretenses y micenios tardíos del año 1500 a. C. escribían en griego y con una escritura lineal derivada de una escritura cretense más antigua. El hecho de que haya escasa ruptura cultural muestra que los aqueos primitivos de Homero estaban muy influidos por Creta y tenían una organización estatal y económica muy elaborada. La ruptura real parece haberse producido con la segunda oleada de griegos dorios (espartanos), en el siglo décimo, cuando la escritura cretense parece ser sustituida por la fenicia. Pero si ello revela un período de oscurantismo en la mayor parte del interior de Grecia, en las islas y en la península de Anatolia, donde apareció por vez primera la ciencia griega, puede no haberse producido en cambio una ruptura cultural. El profesor Thomson se inclina fuertemente por derivar la ciencia jónica directamente de las leyendas mesopotámicas. Pudiera ser muy bien que la condición principal que hizo posible el renacimiento griego fuera el impacto sobre una antigua tradición urbana de una

Con todo, al perder su cultura original, los griegos no adoptaron enteramente las de los otros países. Lo que hicieron fue seleccionar lo que les pareció mejor de las culturas extranjeras. Así, incluyeron en su práctica toda la técnica útil y, en el campo de las ideas, fundamentalmente las explicaciones acerca del funcionamiento del universo, rechazando la tremendamente complicada elaboración de teología y superstición que se había construido sobre ellas en el período de decadencia y durante las invasiones de la Edad del Hierro. Homero, el primero y más grande de sus poetas, fijó para siempre la imagen del mundo en que entraban los griegos. En la *Ilíada* y la *Odisea* encontramos una enorme diferencia entre la sencilla vida campesina de los recién llegados clanes helénicos y la rica complejidad de las antiguas civilizaciones que sólo descubrieron para destruirlas. Los poemas de Homero perduraron como una biblia griega, actuando como base común de las ideas sobre los dioses y los hombres y sobre las artes de la paz y de la guerra. Estos poemas contenían toda la ciencia que el hombre medio necesitaba conocer en aquella época.

La base económica de la ciudad griega

La cultura griega, como la mayoría de las de la Edad del Hierro occidental, tiene una base económica tan diferente de la de las más antiguas culturas de irrigación fluvial que gran parte del modo de vida de estas últimas era intrínsecamente inasimilable. Los griegos dependían de una especie más bien pobre de cultivo, con pequeños propietarios que se ayudaban mediante los viñedos, los olivos y la pesca. Hesíodo, poeta griego del primer período, describe esta vida en términos más bien grises. De su tierra paterna, en Ascra de Beocia, dice que es «fría en invierno, caliente en verano, y buena en ninguna época». Sin embargo, pese a estar sometida a crisis periódicas de deudas, la economía de la Edad del Hierro fue básicamente estable hasta la introducción a gran escala de la esclavitud. Se complementaba y equilibraba mediante un amplio comercio exterior, no tan dedicado a artículos de lujo para los palacios y templos como en las civilizaciones más antiguas y sí, en cambio, a grandes cantidades de mercancías para el ciudadano corriente.

La ciudad-Estado griega más común del Ática disponía de una extensión de terreno tan pequeña que dependía prácticamente de sus exportaciones de objetos de cerámica, aceite de oliva y plata para poder comprar el alimento de la población relativamente grande de la ciudad de Atenas (aproximadamente unos 300.000 habitantes). Los antiguos griegos fueron capaces de explotar sus recursos locales plenamente, con la intensidad y simplicidad posibles

---

sociedad tribal mucho más primitiva que evolucionaba rápidamente hacia la vida ciudadana.

únicamente en una ciudad compacta. En estas circunstancias hubo rápidos y a veces violentos cambios políticos y económicos, de modo que la tradición, si bien nunca llegó a perderse, tuvo menos importancia. Los ciudadanos más emprendedores encontraban estímulos y posibilidades para pensar sobre lo que querían hacer y para realizarlo. En la medida en que tenían éxito podían mejorar su estatuto social, sin tropezar con barreras de clan o estatales. Las instituciones y las divinidades perdieron su importancia y la atención principal se concentró en el hombre.

El arte y la dialéctica

La representación realista del hombre en la pintura y en la escultura, en la tragedia y en la ciencia, fue un rasgo característicamente nuevo de la civilización griega. El arte griego, tal como está representado en las estatuas y en las pinturas de jarros —se han perdido todos los grandes frescos—, muestra una atención especial por el cuerpo humano desnudo, cosa que nos parecería molesta si no estuviéramos acostumbrados a ella. Deriva originalmente de los juegos rituales y del culto a los atletas nacidos en ellos. Las estatuas egipcias tienen un objeto directamente mágico: debían reencarnar al espíritu, el *Ka,* del hombre muerto, para que permaneciera vivo. El escultor griego era mucho más complejo: intentaba sugerir un ideal que podía realizarse en la perfección corporal humana. En la cultura griega el atleta, el artista y el médico trabajaban estrechamente unidos, resultando de ello, entre otras cosas, que la profesión médica se ocupara más de la salud que de la enfermedad.

El realismo en el arte llevaba aparejada la racionalidad en las palabras. Gracias a la abolición de las antiguas sanciones cada caso debía ser juzgado según sus características propias. La historia de la filosofía y la ciencia griegas — que en aquel tiempo nunca llegaron a distinguirse — es la historia de una sucesión de argumentaciones. La lucha entre argumentos era lo que se llamaba *dialéctica.* La discusión era posible por los caracteres políticos de la vida griega. La pequeña ciudad-Estado daba al ciudadano *individual* perspectivas mucho más amplias que la capital de un gran imperio. Al propio tiempo, la intensa vida política de la ciudad, con su preocupación por los acuerdos y los litigios comerciales, en los que al principio todo hombre debía ser su propio abogado y los jueces se designaban por sorteo, hizo posible y necesario desarrollar la argumentación al mayor grado posible. Ese énfasis en el dominio de las palabras llevó a una literatura y a una oratoria importantes, pero tuvo la desventaja de apartar el pensamiento del estudio y la manipulación de los objetos.

La separación de la ciencia y la técnica

La ciencia griega tuvo un carácter completamente distinto del de las antiguas civilizaciones. Era más racional y *abstracta,* pero estaba cada vez más alejada de las consideraciones técnicas. Su presentación tradicional se efectúa en la forma de un argumento basado en principios concretos de la técnica o de la administración, tal como la encontramos en los textos egipcios o mesopotámicos. La matemática, y especialmente la geometría, fue el campo que los griegos tuvieron en mayor estima y aún actualmente seguimos empleando sus métodos de deducción y de prueba. Gracias al inmenso prestigio de esos métodos podemos pasar por alto el hecho de que sólo son aplicables a una parte muy limitada de la Naturaleza, y esto sólo cuando esta parte ha sido objeto de observación y experimentación. La creencia de que el universo es racional, de que puede deducirse en todos sus detalles de unos principios por pura lógica, sirvió ciertamente para liberar a los hombres de las supersticiones en los primeros días de la ciencia griega. Más tarde, especialmente después de que Aristóteles se convirtiera en una autoridad en vez del instigador de la investigación que quiso ser, este enfoque abstracto y apriorístico mostró ser un desastre para la ciencia. Condujo a muchas generaciones de personas inteligentes a la creencia de que podían resolver problemas que no habían comenzado siquiera a examinar.

Los progresos técnicos realizados en la Alta Edad del Hierro, y especialmente con anterioridad al período alejandrino, aunque importantes por sus efectos no fueron innovaciones tan fundamentales como los de la Edad del Bronce. El empleo del hierro condujo directamente al mejoramiento de todos los instrumentos con mango, como las hachas y los mazos, haciendo también posibles instrumentos, como la *espada,* que en bronce hubieran sido demasiado costosos para tener alguna utilidad. Probablemente hizo posible asimismo el empleo del *tornillo,* que condujo a dos nuevos instrumentos de cierta importancia: las tenazas y el compás de dibujo. Todo esto surgió de la facilidad con que las barras de hierro pueden ser arqueadas hasta tocarse por los extremos y luego soldarse para hacer un orificio por el que se introduce un mango o clavija. El adelanto técnico revolucionario de la Edad del Hierro no consistió tanto en la mejora de los instrumentos como en su facilidad de obtención. Los progresos más importantes se produjeron después de la combinación de la matemática griega y las técnicas egipcias o sirias, que incluían, como veremos, gran cantidad de aplicaciones del movimiento circular, como molinos y prensas, poleas y garruchas, y artificios hidráulicos y neumáticos, elevadores de agua y bombas.

El invento químico más importante fue el del vidrio soplado, realizado primero en Egipto, aunque se mantuviera durante mucho tiempo como un

producto de lujo. A consecuencia de unas pocas innovaciones y de muchas mejoras, la eficacia de las técnicas clásicas, especialmente las del metal, llegó a ser, hacia el siglo VI a. C., muy superior a la de todas las culturas de la Edad del Bronce. Ésta es una de las razones de que los soldados griegos fueran capaces de superar, durante unos cuantos siglos, a las mucho más numerosas tropas asiáticas.

Los adelantos técnicos de la Edad del Hierro, con todo, no afectaron al saber de la misma manera que los de la antigua Edad del Bronce. Eso se debió en parte a que se trataba de mejoras y no de innovaciones radicales, que no producían impacto en la imaginación. Además crearon escasa demanda de nuevas técnicas científicas auxiliares. Existían ya matemáticas y geometría suficientes. La razón más poderosa, sin embargo, es que se despreciaba al artesano; el trabajador manual, *quirurgos* en griego (a los cirujanos se les llama en Inglaterra Señor, no Doctor), se consideraban decididamente inferiores al trabajador intelectual o al pensador especulativo. Esta idea no era nueva; se había heredado de la civilización antigua, pero fue reforzada acentuadamente por su asociación a la esclavitud, especialmente en la sociedad griega tardía. Aunque buena parte del trabajo artesano lo realizaban hombres libres, éstos quedaban degradados por su competencia con los esclavos, de modo que sus trabajos se calificaban de bajos o serviles.

Análogamente, la sociedad esclavista rebajó la posición social y económica de la mujer. De hecho, la situación de las mujeres e hijas de los ciudadanos griegos era mucho peor que en las antiguas civilizaciones. Estaban excluidas de la participación en la vida pública y eran poco más que esclavas domésticas. Consecuencia de ello fue que todos los trabajos domésticos, que incluían muchas más artes que ahora, como la de tejer y la preparación de remedios sencillos, quedaran por debajo del interés del filósofo. Si bien los filósofos se inspiraran en el trabajo de los artesanos para elaborar sus ideas acerca del funcionamiento de la Naturaleza, tenían poca familiaridad con él y no se propusieron mejorarlo, de modo que fueron incapaces de extraer de él toda la riqueza de problemas y sugestiones que creó la ciencia moderna en la época del Renacimiento.

La arquitectura

Debe hacerse una importante excepción al menosprecio general de las operaciones mecánicas. La arquitectura del período griego ascendió hasta convertirse en una profesión digna de los ciudadanos, dejando de ser un simple oficio manual. Son bien conocidos los triunfos logrados por la arquitectura griega en la belleza, proporciones y simetría de sus edificios, y lo mismo puede decirse

del impresionante carácter de la arquitectura romana que la sucedió. La arquitectura es predominantemente un arte dependiente de la geometría, e implica una gran exactitud en el dibujo. Consiguientemente, es difícil que dejara de afectar a la reina de las ciencias griegas, la matemática. Dos instrumentos contribuyeron poderosamente en el mismo sentido: el compás de dibujo y el torno. El compás es un instrumento tan preciso y conveniente que no puede sorprender que la geometría griega se haya ocupado principalmente de construir con la regla y el compás. El torno de mano, con su movimiento reversible derivado del taladro de arco, fue un invento de la Edad del Bronce; el torno moderno, con transmisión, procede del siglo xiv de nuestra era, pero en muchas partes del mundo siguen usándose tornos de mano y hace unos cincuenta años todavía se empleaban en Inglaterra. Con el torno fue posible fabricar cilindros, conos y esferas, que eran maravillosos juguetes para el matemático. El grado en que las técnicas influyeron sobre la ciencia griega no debe descuidarse, pero era inferior en comparación a lo que había ocurrido en las antiguas civilizaciones. Consiguientemente, la ciencia griega se desarrolló de un modo más general e independiente, pero, falta del apoyo de la experiencia, se configuró de un modo que hacia fácil se perdiera en conjeturas y abstracciones.

El contenido y el método de la ciencia griega

Pese a todo, la ciencia moderna se deriva directamente de la griega, que le proporcionó un plan, un método y un lenguaje. Todos los problemas generales en torno a los cuales se desarrolla la ciencia moderna —naturaleza de los cielos, o del cuerpo humano, o funcionamiento del universo— fueron formulados por los griegos. Desafortunadamente, también pensaron haberlos resuelto a su manera particular, lógica, bella y definitiva. La primera tarea de la ciencia moderna, a partir del Renacimiento, fue mostrar que la mayor parte de esas soluciones carecían de sentido o eran erróneas. Como este proceso ha requerido casi 1.400 años bien puede decirse que la ciencia griega fue más un estorbo que una ayuda y, sin embargo, no podemos afirmar que si no hubiera existido esa ciencia hubieran llegado a formularse los problemas.[20]

[20] * Esta es una de las grandes cuestiones que preocupan hoy a los historiadores de la ciencia. Pero formulada así carece de respuesta. No podemos introducir variaciones en los datos históricos. Sin embargo pueden encontrarse ideas nuevas interesantes en los libros de Thomas S. Kuhn y Giorgio de Santillana.

Los estadios del desarrollo de la ciencia griega

La historia de la ciencia griega, aunque integra un movimiento continuo, puede dividirse en cuatro grandes períodos que podemos llamar jónico, ateniense, alejandrino o helenístico y romano. El período jónico (4.5) cubre el siglo VI a. C. y es el del nacimiento de la ciencia griega en la región en que era más acusada la influencia de las antiguas civilizaciones. A él se asocian las legendarias figuras de Tales y Pitágoras, y de otros filósofos de la Naturaleza que se preguntaron, de un modo muy materialista, de qué está hecho el mundo y cómo ha llegado a existir. Esta filosofía, perteneciente a un período de desarrollo social, fue esencialmente positiva y esperanzadora.

El segundo período (4.6) se extiende entre los años 480 a 330 a. C., entre el final victorioso de las guerras persas y la supresión real de la independencia de las ciudades griegas por Alejandro Magno. En este período la cultura griega alcanzó la cima de su perfección en la democracia ateniense de la era de Pericles, aunque sólo para destruirse a sí misma en la guerra civil y exterior. En este período el interés de la filosofía dejó de ser la explicación del mundo material para concentrarse en la naturaleza del hombre y en sus obligaciones sociales. Se trata del gran período de Sócrates, Platón y Aristóteles, considerado corrientemente como el punto culminante del pensamiento griego.

La tercera fase de la cultura griega (4.7), llamada helenística, se inició con la decadencia de las ciudades-Estado independientes y su sustitución por un nuevo tipo de imperios terrestres. El imperio de Alejandro puso nuevamente a la ciencia griega en contacto directo con las viejas fuentes de la cultura de oriente, como la India. Alejandría se convirtió en un nuevo hogar para la ciencia pues, por primera vez en la historia, fue subvencionada mediante la fundación del Museo. Su consecuencia fue el gran desarrollo de la matemática, la mecánica y la astronomía que asociamos con Euclides, Arquímedes e Hiparco. En la historia de la ciencia, considerada como cosa distinta de la filosofía, esta tercera fase es la más importante de todas, pues por primera vez el cuerpo de la ciencia exacta se integró en un todo coherente, buena parte del cual ha logrado sobrevivir, pese a las pérdidas de las tenebrosas épocas posteriores, dos mil años más tarde. A partir del siglo II a. C., con el nacimiento de Roma, este esfuerzo se debilitó y acabó por detenerse mucho antes de la caída real del imperio. Este último periodo (4.8) no se distingue por ninguna originalidad, pero fue el puente entre la cultura clásica y toda la ciencia posterior, por lo que merece se le considere separadamente.

4.5. LA CIENCIA GRIEGA PRIMITIVA

El naturalismo jonio

Corrientemente se admite que la ciencia griega se originó en las ciudades jonias del Asia Menor, particularmente en Mileto, donde era más estrecho el contacto con las antiguas civilizaciones, y en las nuevas colonias que los griegos habían fundado en Italia y en Sicilia. Apareció en el siglo VI a. C., precisamente en un momento en que el dominio de la vieja aristocracia campesina se estaba debilitando y el poder pasaba a manos de un conjunto de jefes locales, los *tiranos,* que tenían el apoyo de las clases comerciantes. El mundo griego del siglo VI conoció una violenta expansión. Su centro comercial estaba primero al este del Egeo, habitado principalmente por los jonios, uno de los grupos tribales originales de la Grecia peninsular. Éstos fundaron colonias mediterráneas como Marsella, Nápoles y Sicilia, y en las costas del Mar Negro. Cuando la presión persa les hizo abandonar sus asentamientos originales, las colonias se convirtieron a su vez en centros de comercio y de cultura que tuvieron esencialmente el mismo carácter. Por eso es razonable incluir a Tales, de la ciudad madre de Mileto, a Heráclito, de Éfeso, a Pitágoras, un refugiado de Samos que se estableció en Italia, y a Empédocles, de Sicilia, en el grupo de los filósofos jonios.

En esa época y con ese ambiente, la tradición empezó a valorarse menos, formulándose nuevas respuestas para los viejos problemas. El gran valor del primer período del pensamiento griego reside en que intentó responder a todas las cuestiones de un modo sencillo y concreto. Esto significó un intento de formular una teoría sobre el mundo —de qué está hecho y cómo funciona— en términos de la vida corriente y del trabajo.

Filósofos y sabios

Las personas qué formulaban y respondían estas cuestiones sólo más tarde fueron llamados filósofos, esto es, amantes de la sabiduría, por Sócrates. En su propia época se llamaron sofistas, es decir, sabios. Sabemos muy poco sobre ellos y sobre lo que creían; esto último se transmitía por tradición oral salvándose finalmente unos pocos fragmentos por las referencias contenidas en las obras de Platón y Aristóteles, que las empleaban para refutar o ridiculizar a sus predecesores. El hecho de que fueran conocidos y recordados y que hayan perdurado las leyendas sobre su vida muestra lo importantes que deben de haber sido en su época. Cuando estaba cristalizando una nueva civilización, tras

las guerras de la Edad del Hierro primitiva, estos filósofos representaban un nuevo tipo social. Sin embargo, se trataba fundamentalmente de sabios o eruditos que habían recogido la vieja sabiduría oriental adaptándola o mejorándola para los nuevos tiempos. También fueron profetas y dirigentes de religiones misteriosas, fundando a menudo comunidades semimonásticas que eran al propio tiempo escuelas. Los que tenían éxito —y sólo de éstos tenemos noticia— procuraban normalmente obtener el cargo de consejero político o científico de algún tirano o jefe democrático, siendo consultados y dando seguramente consejos gratuitos sobre toda clase de cuestiones. Si se enemistaban con su protector frecuentemente eran adoptados por algún gobernante rival. El gobierno adquiría prestigio y estabilidad si contaba con un filósofo famoso. Pericles, por ejemplo, se beneficiaba de la presencia de Anaxágoras, pero con el tiempo el filósofo llegó a burlarse demasiado de las creencias populares y hubo que despedirle. Independientemente de que favorecieran las tendencias democráticas o las aristocráticas, casi siempre eran personas bien acomodadas. Protágoras y otros sofistas del siglo v aceptaban remuneración por su enseñanza; por eso sabemos que algunos tenían que trabajar para vivir. Platón, que era lo bastante rico para no necesitarlo, despreciaba a quienes lo hacían. De este modo, decía, perdían su estatuto como filósofos por propia afición.

Los filósofos no existieron únicamente en Grecia. En muchas partes del mundo las dificultades de la Edad del Hierro suscitaron hombres con ideas y mensajes parecidos. En Palestina tenemos a los profetas y a los autores posteriores de la literatura erudita, como los del Eclesiastés o el libro de Job. Es posible que Jeremías conociera a Tales en Naucratis, en Egipto. En la India tenemos a los *rishis* y a los budas, de los cuales el más conocido es Gautama el Buda. En China, Lao-Tsé y Confucio vivieron casi en la misma época. Todos ellos tienen en común la formulación de concepciones generales sobre el mundo de la Naturaleza y sobre el hombre. Muchos de ellos aconsejaron a los príncipes e intentaron reformar los Estados sin éxito duradero. Muchos fueron en su época poco ortodoxos, incluso aunque proclamaran, como Confucio, que intentaban recuperar la sabiduría de los antiguos. Sólo mucho más tarde llegaron a convertirse en fundadores de nuevas ortodoxias.

Su éxito se debió al hecho de que cubrieron en el terreno de las ideas la laguna dejada por la transformación económica de una civilización del bronce al hierro. Proporcionaron lo que Marx llamaría la superestructura ideológica de un nuevo sistema de relaciones de producción. En ese nuevo sistema, la dirección de la sociedad en manos de los comerciantes, tiranos y príncipes guerreros estaba aparentemente más alejada del aspecto material de la producción que en la Edad del Bronce. Los filósofos no podían, a diferencia de los grandes directores de las obras públicas en la época de los canales, las pirámides y los

templos, ocuparse de la dirección material real de la economía. Consecuencia de ello fue que las superestructuras que llegaron a implantarse fueran en general idealistas y hostiles al desarrollo de la ciencia experimental.

Con todo, los primeros filósofos jonios no pueden entrar completamente en este cuadro. En aquella época no estaba plenamente establecido el Estado esclavista o la dominación del rico. Consiguientemente, diferían de la mayoría de los sabios orientales en que eran a la vez materialistas, racionalistas y ateos. Se ocuparon menos de moral y política y más de la Naturaleza que sus sucesores.

El mundo y sus elementos: Tales, Heráclito y Empédocles

El primero de los filósofos griegos tradicionales fue Tales. Se le atribuye la teoría de que todas las cosas están formadas originariamente de agua, de la cual se separaron más tarde la tierra, el aire y los seres animados. Puede advertirse que esta teoría es parecida a la contenida en el libro del Génesis, siendo ambas un mito sumerio corriente acerca de la creación, bastante razonable en el delta de un río, donde la tierra seca ha de ser conquistada a las zonas pantanosas. Estos mitos, que se conservaron cuidadosamente en su forma original anterior a las primeras sociedades clasistas, son fundamentalmente materialistas. Lo que hay de nuevo en la versión de Tales es que en ella no aparece el creador. Como Laplace respondería siglos después a Napoleón, «no necesitaba esa hipótesis». El materialismo de Tales está contenido en su interés por la Naturaleza y en su rechazo de la especulación metafísica, interpuesta posteriormente para justificar la sociedad clasista. No se trata de un materialismo mecánico, sino más bien de uno que considera a la materia como cosa viva. Era un *hilozoísta* (materia-vida). Ese materialismo fundamental y el ateísmo fue mantenido por los posteriores filósofos de la escuela, Anaximandro y Anaxímenes, que modificaron la hipótesis para hacer entrar en juego mayor número de fenómenos. Consideraban la tierra, el aire y el fuego como los *elementos* (1, m, n, en griego *stoiqueia o* letras) de que está hecho el mundo, de la misma manera que las palabras se componen pronunciando las letras. Heráclito, el filósofo del cambio, adoptó la expresión *panta rhei,* todo fluye.

Pensaba que el fuego es el primer elemento porque es el más activo y transforma todos los objetos. Su frase sobre ello es reveladora: «Todas las cosas se cambian en fuego y el fuego se cambia en todas las cosas, como el oro por las mercancías y las mercancías por el oro». Esto muestra nuevamente en qué medida los procesos técnicos y la práctica económica engendraban la nueva filosofía. Introdujo también la idea de los opuestos: algunas cosas, como la llama, se mueven hacia arriba, y otras, como la piedra, se mueven hacia abajo. Los opuestos se necesitan mutuamente y generan una tensión como la que

existe entre el arco y su cuerda. Esta es la primera formulación de una filosofía dialéctica.

Empédocles, el sucesor de esta escuela de filósofos materialistas, demostró por medio de un experimento que el aire invisible es también una sustancia material, y determinó el orden de los antiguos elementos, tierra, agua, aire y fuego, situado el uno sobre el otro, afirmando que los cuatro luchan entre sí para recuperar su posición cuando el orden es perturbado. Pensaba que las tendencias opuestas, como el amor y el odio, que también concebía como principios materiales que actúan mecánicamente, se mezclan de continuo a los elementos separándose también continuamente. Esto se parece mucho al dualismo del Yin y del Yang de la antigua China, pero es probablemente por completo independiente de él. Aquí se trata de dos principios, masculino y femenino, fuego y agua, que se combinan entre sí para formar los restantes elementos —el metal, la madera y finalmente la tierra— y a partir de ellos llegan a formar, por ulteriores combinaciones, las «diez mil cosas» del mundo material.

Todo el pensamiento jonio se dirigía, pues, a un mundo dinámico de *continua transformación mutua de los elementos materiales.* Muchos filósofos de las épocas posteriores tendieron a concentrarse más sobre el *orden natural* estático de los elementos y a considerarlos como una parte fija e inalterable de la estructura del universo. Este orden estático de los elementos, consagrado por Aristóteles, se utilizó para limitar toda clase de cambio progresivo, especialmente el cambio social. Eso se lograría identificando los elementos a las clases sociales e infiriendo que en el estado ideal y último del universo social las clases inferiores estarían subordinadas a las superiores. La identificación de los mundos natural y social dificultó la comprensión de ambos. Convirtió en formal una teoría originalmente materialista y frenó el desarrollo de la astronomía, la medicina y la química al lastrarlas con las rebuscadas analogías que exigía la sanción de un orden universal.

Otra confusión muy arraigada en la concepción del mundo de los antiguos era su idea de que los elementos tenían que desempeñar dos funciones incompatibles. En un aspecto los concebían como los materiales reales del mundo y de sus movimientos; servían para explicar sin recurrir a los dioses todo el panorama de la tierra y del mar, de los días de sol y de los tormentosos. En ese sentido aún hoy hablamos de la furia de los elementos. En otro sentido muy distinto los elementos se consideraban también como cualidades —calor y frío, humedad y sequedad, ligereza y pesadez— que se podían atribuir a las cosas. De este -nodo no se atribuía cada elemento a una sustancia material determinada, como los elementos químicos en el siglo XIX. Anaxágoras (aprox. 500-428 a. C.), el último de los jonios, llegó incluso a afirmar que los gérmenes de cada elemento se encontraban en todas las cosas, como nuestros *estados de la materia,* sólido, líquido y gaseoso.

El triunfo de la escuela jónica original consistió en que llegó a trazar un cuadro de cómo había llegado a existir el universo y, de su funcionamiento, sin intervención de los dioses *o* del destino. Su debilidad básica fue su vaguedad y su carácter puramente descriptivo y cualitativo. No podía conducir por sí mismo a ninguna parte ni podía hacerse con él nada concreto, para ello era necesaria la introducción en la filosofía del *número* y la *cantidad.*

El número y la cantidad: Pitágoras

La tendencia a asociar arbitrariamente razones numéricas sencillas a objetos celestes, que tal vez tenga sus orígenes en la astronomía babilónica, apareció nuevamente en la obra de Anaximandro (611-547 a.C.), quien estableció las distancias de las estrellas, la luna y el sol en nueve, dieciocho y veintisiete veces, respectivamente, el espesor del disco terrestre. La atribución de *números* a todos los aspectos de la Naturaleza va unida a las doctrinas de Pitágoras (582-500 a. C.), Éste nació en Samos, isla próxima a Mileto, pero emigró al sur de Italia, donde fundó una especie de escuela filosófica y religiosa. Independientemente de que Pitágoras sea enteramente o no una figura legendaria, lo cierto es que la escuela que recibió su nombre fue bastante real y tuvo una enorme influencia en los tiempos posteriores, particularmente a través de su principal exponente, Platón (427-347 a. C.).

En la enseñanza pitagórica se mezclan dos ideas distintas: la *matemática* y la *mística.* Es dudoso qué hay de originalmente pitagórico en sus matemáticas. De hecho su famoso teorema sobre el triángulo rectángulo era bien conocido como regla práctica por los egipcios, y los babilonios confeccionaron largas tablas de triángulos «pitagóricos». Cabe incluso que toda la teoría pitagórica de los números, tanto en su aspecto místico como en el aspecto matemático, proceda de una misma fuente de pensamiento oriental, como sugiere acentuadamente su carácter. Pero independientemente de que Pitágoras fuera un pensador original o un mero transmisor, lo cierto es que la relación establecida por su escuela entre las matemáticas, la ciencia y la filosofía no se ha perdido nunca.

Pitágoras consideró que los *números* son la clave de la comprensión del universo. Los relacionaba por una parte con la geometría, mostrando que podían hacerse cuadrados y triángulos disponiendo adecuadamente unos puntos, y por otra con la física, descubriendo que las cuerdas que están en *ratios* simples de longitud emiten notas con intervalos musicales regulares —octavas, tercios, etc.— entre ellas. Esto relacionaba la *armonía,* primero apreciada sensorialmente, con las razones de los números, y de ahí con las formas geométricas. Los pitagóricos determinaron todo el carácter de la geometría griega por su insistencia en la importancia cósmica de los cinco sólidos regulares

cuyas caras podían ser triángulos, cuadrados y pentágonos. El pentágono fue particularmente mágico porque su construcción con la regla y el compás fue un triunfo matemático. Dos de los sólidos platónicos, el dodecaedro y el icosaedro, tienen una simetría pentagonal. Toda la síntesis geométrica de Euclides se dedica al método de construcción de estos dos sólidos y su prueba fue un punto culminante de la geometría griega, que prefiguraba la moderna teoría de los grupos.[21]

Las razones y los irracionales

La escuela pitagórica realizó un descubrimiento matemático fundamental, si bien probablemente algún tiempo después de la muerte del maestro. Si toda medida de longitud puede expresarse mediante un número, la *proporción* entre dos medidas distintas debe poder expresarse como la *razón* entre dos números. Pero un sencillo caso muestra que esto no puede ser. Cualesquiera que sean los números utilizados para expresar la longitud de los lados de un cuadrado, su diagonal no puede expresarse por medio de otro número, sea éste entero o fraccionario. Esto es lo mismo que decir que ninguna fracción multiplicada por sí misma puede dar exactamente 2, o que —V 2 es *irracional.* El descubrimiento de los números irracionales fue un serio golpe para toda la escuela pitagórica y contribuyó a su disolución. Por un lado se intentó decir que las medidas eran irreales; otros, en una propuesta que fue finalmente la adoptada, ampliaron el concepto de número para incluir los irracionales.

Debemos a los pitagóricos la importancia del círculo y de la esfera en la astronomía. Pensaron que la tierra era una esfera y posteriormente que se movía con los planetas —el sol, la lima y una misteriosa contra-tierra— en torno a un fuego central permanentemente invisible. La idea, una vez racionalizada por Heráclides (375 a. C.) y Aristarco (aproximadamente 230 a. C.) condujo a la moderna imagen del sistema solar.

La obra de la escuela pitagórica es el verdadero fundamento de las ciencias matemáticas y físicas. Incluso en las matemáticas es muy evidente el elemento místico. Los pitagóricos relacionaban la inmortalidad del alma con las eternas formas de los números, atribuyéndole particularmente el número 10 = 1+ 2 + 3 + 4. El universo, según ellos, está hecho solamente de números. Esta forma de idealismo extremado se relaciona con la magia cabalística de los números,

---

[21] * Las peculiares propiedades de los sólidos platónicos han ejercido su influencia a lo largo de toda la historia. Mostraron ser una guía ilusoria —pero guía a pesar de todo— para Kepler en la determinación del sistema planetario. Reaparecen nuevamente en la ciencia moderna en campos tan diversos como la estructura de los virus y la teoría de los líquidos.

invocada todavía en la trinidad, los cuatro evangelistas, los siete pecados capitales y el número de la bestia apocalíptica. También está patente en la moderna física matemática cuando sus adeptos intentan hacer de Dios el matemático supremo.

La entrada del misticismo en la ciencia

También en la física los pitagóricos fueron mucho más lejos de los hechos, sustituyendo por el misticismo numérico el conocimiento experimental. El aspecto místico del pitagorismo enlaza con los misterios órficos, reliquia de la antigua comunidad mágica que ya con anterioridad había servido para eludir las difíciles realidades de la Edad del Hierro. El orfismo, como religión de la esclavitud, tiene muchos puntos de semejanza con el cristianismo, especialmente en su simbolismo de la rueda y la caverna. La principal tesis de los pitagóricos fue la doctrina de la transmigración de las almas, que era esencialmente idéntica a la de los hindúes, aunque posiblemente fuera por completo independiente de la influencia india. El objeto del culto es escapar al círculo de la reencarnación por medio de experiencias místicas comunes, las *"orgías",* y por la estática contemplación mística («teorías» = visiones).

Esto se parece a la idea de alcanzar el Nirvana por medio del Yoga que Gautama intentó vanamente resistir. La idea de reencarnación no era irrazonable en el paleolítico superior, cuando apareció por primera vez. En la Edad del Hierro era esencialmente reaccionaria, pues quitaba todo sentido a la injusticia social y a la guerra, intentando aprobarlas al menos tácitamente. En el *Bhagavad Gita,* cuando Arjuna pregunta horrorizado cómo ha surgido la lucha fratricida, Krishna responde:

Si el rojo matador piensa que mata
Y si el matado piensa que es matado
Hay poco que saber de caminos difíciles.
Yo vuelvo, paso y vuelvo nuevamente.

El intento del misticismo consiste en conseguir la liberación por medio de la purificación. La purificación fue originalmente una ceremonia de iniciación o reencarnación puramente mágica. Más tarde tuvo alguna relación con la alquimia, con la purificación de los metales por medio del fuego. Los pitagóricos introdujeron la idea de purificación por medio del conocimiento, de *conocimiento puro y contemplación* pasiva. Su idea era que el pueblo, como los espectadores de los juegos, podía dividirse en tres clases: los que iban a comprar y vender, los competidores y los espectadores. Los últimos, que se limitaban a contemplar, eran considerados muy superiores por los pitagóricos. Este ideal de

la ciencia pura como contemplación, originada de un rito primitivo y degradada por la sociedad clasista, ha perdurado hasta nuestra época. Ahora, como entonces, suministra una excusa conveniente para gozar del saber sin asumir por ello responsabilidad alguna.

Pese a que estas consecuencias de las ideas pitagóricas eran claramente reaccionarias nacieron en una época posterior al propio Pitágoras. La comunidad pitagórica original, según Thomson, fue tan política como religiosa, y como tal fue perseguida y finalmente dispersada. Thomson considera el pitagorismo como primera expresión de un pensamiento *democrático,* es decir, del racionalismo de las clases *medias* mercantiles opuesto al tradicionalismo de la aristocracia terrateniente, y compara su influencia con la del calvinismo. Especialmente relaciona la insistencia pitagórica sobre el valor del *medio* y de la armonía con la solución de la lucha política mediante el ascenso de los mercaderes, idea que hoy va vinculada al nombre de Aristóteles.

La influencia de Pitágoras

La escuela pitagórica señala un punto crucial en el desarrollo de la ciencia griega, tanto en la teoría como en la práctica. De ella parten dos sistemas de pensamientos muy diferentes. Sus aspectos más abstractos y lógicos fueron adoptados por Parménides y, muy impregnados de misticismo, constituyen la base del idealismo de Platón. En opuesto sentido, la teoría numérica de los pitagóricos recibió un contenido materialista en la teoría atomista de Leucipo de Mileto (475 a. C.) y Demócrito de Abdera (420 a. C.).

En la ciencia práctica los pitagóricos establecieron la posibilidad de tratar con cantidades físicas reduciéndolas a la medida y al número, método general que, aunque llevado con frecuencia más allá de sus límites propios, constituyó un continuo medio de extender el dominio del hombre sobre la Naturaleza. Para las matemáticas, la importancia de Pitágoras es aún mayor, por el hecho de que su escuela estableció el método de *prueba* por razonamiento *deductivo* a partir de *postulados.* Se trata del modo más poderoso de *generalizar* la experiencia, pues la transforma de cierto número de casos concretos en un *teorema*[22] Valioso

[22] * La escuela pitagórica representa la primera mezcla de manipulación numérica, esencialmente de origen babilónico, con la forma geométrica, que se había convertido ya en una especialidad griega, aunque se había obtenido probablemente de fuentes egipcias. La introducción de los números distingue a la geometría del mero dibujo y hace posible la demostración lógica, que es esencialmente la aportación helénica a la ciencia. Tengo la fuerte sospecha, a pesar de que no poseo los conocimientos necesarios para demostrarlo, de que el paso decisivo se debió al traslado a las matemáticas de la argumentación jurídica, más característica de las ciudades mercantiles que de los tribunales regios. La noción de prueba a partir de postulados e incluso el argumento de *reductio ad absurdum* parecen proceder de los tribunales. Q.E.D., *quod*

como es en la matemática, el método deductivo se ha utilizado también en el idealismo para demostrar sin sentidos palpables a partir de principios evidentes.

Parménides

Entre los primeros filósofos que hicieron esto último encontramos a Parménides (470 a. C.), de Elea, en el sur de Italia, y a su discípulo Zenón, relacionados ambos con el partido aristocrático y conservador de la ciudad. Parménides fue el filósofo de la razón pura. Atacó violentamente toda la ciencia de observación y experimental, afirmando que semejantes estudios sólo podían proporcionar opiniones inciertas debido a la falibilidad de los sentidos, en tanto que las verdades del número, apreciadas por la sola razón, tenían carácter absoluto. La exigencia de una verdad y una certeza *absolutas*, que no pueden encontrarse en la falibilidad de los sentidos, en «los ciegos ojos, en los oídos llenos de ecos», expresa la enorme necesidad de algo fijo que se presenta siempre, habitualmente en los del lado perdedor, en épocas de disturbios.

No resulta sorprendente que esta tendencia idealista y anticientífica fuera adoptada posteriormente por Platón y perdurara en la filosofía hasta la actualidad. Parménides fue mucho más lejos: refutó, recurriendo a la lógica, la idea heraclitea de que todo cambia. Si *lo que es, es,* y *lo que no es, no es,* no puede ocurrir nada y *el cambio es imposible.* En semejante universo no sólo es imposible el cambio, sino también toda variedad. El universo *real* es uno y sin cambios. Puesto que nuestros sentidos nos muestran la variedad y el cambio, éstos deben ser sólo aparentes, y el mismo mundo material es aparente, seguramente, una *ilusión.* Se trata de la primera formulación clara de la opinión idealista extremada y del principio de la *lógica formal.* Hegel examinó la lógica de Parménides y rechazó sus pruebas proclamando que la idea del ser, contradicha por la idea del no ser, hace surgir la idea del devenir y luego, por la misma *dialéctica idealista,* todo el complicado mundo ideal. Esta fue la filosofía que Marx volvió del revés para ponerla sobre sus pies fundando el *materialismo dialéctico.* El idealismo de Parménides no es tan puro como parece. La idea de unidad sin cambios es extraordinariamente conveniente para una minoría que gobierna por derecho «divino».

Zenón, discípulo de Parménides, atacó la base de la matemática y la teoría física pitagóricas formulando cuatro ingeniosas paradojas que parecen probar lógicamente que el tiempo y la distancia no pueden ser ni continuos ni

---

eratdemostrandum, es el argumento decisivo para ganar el caso ante el tribunal de la razón. A pesar de que se haya abusado de ellas fuera del terreno de la matemática, las nociones de prueba y de generalidad son una protección contra el razonamiento ambiguo que la ciencia de las antiguas India y China nunca llegó a tener.

discontinuos. Si el espacio es continuo, el atleta no puede llegar nunca a la meta: si está a la mitad del recorrido, tardará un cierto tiempo en recorrer la mitad de la distancia que le falta, y así hasta el infinito. Si el espacio es discontinuo la flecha no podrá moverse jamás, pues estará en un punto o en el siguiente, sin que haya nada entre ellos. Las paradojas de Zenón no carecen completamente de sentido, pues son el inicio de la búsqueda del *rigor* en la matemática. Se consideraba, en cambio, que sus sutilezas demostraban que el mundo no puede existir realmente, pero también hay que decir que sirvieron para mostrar que la razón pura es más necia y más vana que cualquier invención de los sentidos.

Los átomos y el vacío: Demócrito

La respuesta más efectiva a estas tendencias idealistas fue dada por Demócrito, cuya *teoría atomística* ha tenido una enorme influencia sobre la ciencia posterior. En vez de pensar en un universo de números ideales imaginó uno formado de innumerables partículas invisibles (a-tomos), los *átomos,* que se movían en el vacío del espacio. Los átomos eran inalterables, concordando este punto con la inmutabilidad de Parménides; tenían diversas formas geométricas, lo que explica su capacidad para combinarse formando los distintos objetos del mundo, y su *movimiento* daba razón de todos los cambios visibles. De este modo Demócrito podía incluir todo el contenido matemático de Pitágoras, especialmente su insistencia en la importancia de la forma geométrica, a la vez que rechazaba su idealismo y su misticismo.

La introducción del vacío —la nada— en la filosofía fue asimismo un paso atrevido. El universo de los antiguos filósofos era el del sentido común; se trataba de un universo lleno, de un *plenum.* La idea de *vacío* era aborrecida por todos los filósofos de importancia y este aborrecimiento se basaba en la Naturaleza. Muchas de las grandes conquistas de la física del Renacimiento, como la dinámica de Galileo, y los progresos científicos y técnicos posteriores, como las leyes de los gases y la máquina de vapor, nacieron en el proceso de superación de esta idea.

La teoría atomística tuvo desde el principio un cariz político radical por ser claramente materialista y evitar el recurso a armonías preordenadas. La autoridad de Platón y Aristóteles, que sustentaron doctrinas de formas ideales o sustanciales, fue suficiente para evitar su general aceptación. Sin embargo, continuó durante el período clásico como una persistente herejía, teniendo efecto sobre la filosofía y la ética a través de Epicuro y de Lucrecio en sus últimos estadios. Postulaba un mundo que se mantenía por sí mismo por el funcionamiento natural de sus partes y que no precisaba la dirección divina. El atomismo de Demócrito era absolutamente determinista, pero posteriormente

Epicuro introdujo cierto índice de variación o predisposición original en sus átomos para explicar la variedad de la libre voluntad humana.

Sería un error considerar el atomismo griego como una teoría científica de la física. De él no podían extraerse conclusiones prácticamente verificables. Se trata, sin embargo, del antepasado directo y reconocido de todas las teorías atómicas modernas. Gassendi, el primero de los atomistas modernos, elaboró sus ideas directamente a partir de Demócrito y Epicuro. Newton, a su vez, fue un atomista ferviente, y la inspiración que encontró en su obra condujo finalmente a John Dalton a la fundación de la teoría atómica de la química. Los átomos de la química no han resultado ser tan indivisibles como indica su nombre, pero las profundas explicaciones de la física nuclear se mantienen todavía en la misma tradición atomística.

El siglo de Pericles

La ciudad de Atenas apareció al final de las guerras persas en el año 479 a. C. como dirigente económico y cultural del mundo griego. Había alcanzado ese lugar por su valor y su insistencia en oponerse al invasor. De hecho, su éxito se debió ampliamente al uso que le dio a la moneda acuñada con la plata procedente de las minas de Laurión. Por consejo de Temístocles construyó una flota que, tripulada por los ciudadanos más pobres, no sólo consiguió la victoria para la ciudad sino también el poder en el gobierno para los ciudadanos corrientes. La primacía comercial de Atenas aumentó aún más su riqueza y dio a la ciudad artistas y escultores además de historiadores y filósofos. Durante el siglo siguiente, y pese al desastre de la guerra con Esparta, Atenas fue el centro intelectual del mundo griego; y el legado de la ciencia jonia, especialmente la tradición pitagórica en matemáticas y astronomía, recibió en ella nuevo impulso.

Este período es de enorme importancia para el desarrollo de la ciencia en el mundo, pues enlaza las especulaciones poéticas de los jonios y los precisos cálculos del período alejandrino. En realidad, el último de los filósofos jonios, Anaxágoras de Clazomene, establecido en Atenas, fue amigo de Pericles y, más tarde, en el año 432 a. C., fue desterrado, como se ha dicho, por su racionalismo.

En este período se formularon los principales problemas de la ciencia natural y social, aunque muchas de sus diversas soluciones se propusieran en los siglos siguientes. A partir de entonces la ciencia griega fue autónoma y desarrolló su carácter peculiar dentro de sus propias limitaciones, que generalmente pasaron desapercibidas. En las ciencias naturales se cargó el acento sobre las matemáticas[23] y la astronomía, que se consideraban pruebas de la verdad, y, a

[23] La inclusión de la matemática entre las ciencias naturales ha sido cosa corriente durante

nivel inferior, en la medicina, como medio de conservar la salud y la belleza.

El triunfo de la geometría

A partir del momento en que se descubrieron los irracionales, los matemáticos griegos apartaron su interés de los números para dedicarse a la consideración de líneas y superficies, donde no se suscitan tales dificultades lógicas. Su resultado fue el desarrollo de una *geometría* de la medición que es seguramente la contribución principal de los griegos a la ciencia. Los matemáticos babilonios y sus sucesores en la India y el Islam fueron primariamente aritméticos y algebristas. Los principales artífices de esta transformación fueron Hipócrates de Quíos, c. 450 a. C., y Eudoxo, 408-355 a. C. Hipócrates fue el primero en enseñar en Atenas a cambio de remuneración, y también el primero en utilizar letras para designar las figuras geométricas. Se ocupó en la solución geométrica de los problemas clásicos de la cuadratura del círculo y la duplicación del cubo. Si bien fracasó en ambos, formuló largas cadenas de proposiciones valiosas a la manera que más tarde emplearía Euclides para componer sus *Elementos.* Estos problemas, junto al de la trisección de un ángulo, que no pueden resolverse únicamente con la regla y el compás, condujeron a otros geómetras, como Hippias de Elis, a construir curvas superiores, abriendo así una nueva rama de la geometría.

Eudoxo fue seguramente el mayor de los matemáticos griegos. Fue el fundador de la teoría de las proporciones aplicables a todas las magnitudes y descubrió el método de exhaustión o de aproximaciones sucesivas para la medición de líneas y superficies que, ampliado por Arquímedes, es la base del cálculo infinitesimal.

La astronomía esférica

En la misma época tuvo lugar el desarrollo lógico de la imagen del mundo de Pitágoras. Su autor fue también Eudoxo, que fue tan gran astrónomo como matemático. Llegó a explicar los movimientos del sol, la luna y los planetas mediante conjuntos de esferas concéntricas, cada una de las cuales giraba sobre un eje situado en la esfera circunscrita más próxima a ella. El modelo era rudimentario y mecánico, pero al mismo tiempo pudo servir, construido en esferas metálicas, como un método de observación mucho más flexible que el viejo gnomon o reloj de sol. De él se derivan todos los instrumentos

---

siglos. El autor utiliza aquí esa clasificación común, aunque se trate de una ciencia formal. *(Nota del Traductor*.)

astronómicos actuales. La teoría de las esferas era demasiado sencilla para explicar siquiera los hechos conocidos desde mucho antes por los babilonios, como la duración más corta de las estaciones de otoño e invierno —89 días y 19 horas y 89 días y 1 hora, respectivamente— comparadas con la primavera y el verano —92 días 20 horas y 93 días 14 horas—. En aquel tiempo estos errores parecían de poca importancia y se corregían agregando mayor número de revoluciones celestes, proceso que prosiguió con creciente complejidad hasta que fue superado por Copérnico y Newton.[24]

La medicina griega: Hipócrates

La medicina griega hizo otra contribución importante a una coherente imagen científica del mundo. En ella crecen dos ramas, una empírica y otra filosófica, que han persistido desde entonces. La medicina griega, como la matemática, continúa ininterrumpidamente la de las antiguas civilizaciones. Los médicos griegos parece que han pertenecido a los asclépidas, o clan de Asclepias, semidiós de la medicina, uno de los clanes o gremios de trabajo. En el juramento hipocrático tenemos una reliquia bien conservada de una ceremonia de adopción del clan por la que se contraían determinadas obligaciones respecto de los demás miembros y sus familias, aún observadas hoy. Así, en una cláusula se dice:

«Impartiré por precepto, por la lectura y por cualquier otro medio de enseñanza, y no sólo a mis propios hijos, sino también a los hijos de quienes me han enseñado y a los discípulos obligados por el pacto y el juramento según la ley de los físicos, peto a ningún otro.»

---

[24] * La construcción de una astronomía pluriesférica, como ampliación del simple movimiento circular de los cielos, cielos, fue una conquista tan familiar a los antiguos y tan olvidada por los modernos que se hace difícil comprender el enorme progreso que significó en su día. Mientras que para los precisos astrónomos babilónicos el movimiento de los cielos era una cuestión de puras frecuencias matemáticas, de hechos que debían ser reducidos a números y fórmulas sin ningún intento de explicación, para los griegos era una cuestión visual y casi táctil. Trataron de reproducir la máquina celeste en un modelo espacial. Difícilmente hubieran pensado en ello de no encontrar inspiración en el funcionamiento de máquinas reales. Hoy sabemos que los griegos no ignoraban la relojería, y de hecho en el tratado pseudo aristotélico De Mundo podemos ver que el autor emplea una analogía mecánica para explicar la acción de Dios como primer motor:

«Él no necesita la ayuda o el servicio de otros, a diferencia de los gobernantes de la tierra que, debido a su debilidad, precisan de muchas manos; lo característico del ser divino es su capacidad de realizar diversos tipos de trabajo con facilidad y mediante un solo movimiento, de la misma manera que los antiguos maestros de los oficios, con un solo giro de la máquina, realizaban diversas operaciones.» Se evitaba así la necesidad de una providencia detallada y sujeta a controversia, que perdura en nuestra época.

En Grecia, como en las antiguas civilizaciones, el médico tenía algo de aristócrata y trataba principalmente a la gente poderosa. El tratamiento de las personas corrientes quedaba en manos de viejas y charlatanes que empleaban los tradicionales remedios mágicos.

El primer impulso de la medicina griega va asociado a la casi legendaria figura del físico Hipócrates de Cos. El llamado cuerpo hipocrático es una masa de tratados médicos escritos seguramente entre los años 450 a 350 a. C., y su tono es decididamente clínico. Se piensa que la medicina es el arte —*techné*— de curar a los enfermos. El más conocido aforismo de Hipócrates tenía por objeto advertir a los médicos que no debían alimentar a los pacientes cuando éstos tenían fiebre:

> «La vida es corta y el arte largo; la ocasión, fugaz, el experimento, peligroso y el juicio, difícil. Así, no sólo debemos estar preparados para cumplir con nuestro deber, sino que también deben cooperar el paciente, los ayudantes y las circunstancias externas.»

Cada caso se considera en atención a sus características propias, pero la opinión sobre él se basa en la observación de casos parecidos. En esto sigue la tradición de los médicos egipcios. No menciona las causas o curas de la enfermedad de tipo mágico o religioso, e Hipócrates va mucho más lejos renunciando explícitamente a estas causas. Así, en el pasaje sobre la enfermedad «sagrada», la epilepsia, leemos:

> «Me parece que la llamada enfermedad sagrada no es más divina que cualquier otra. Tiene una causa natural, al igual que las restantes enfermedades. Los hombres creen que es divina precisamente porque no la conocen... En la Naturaleza todas las cosas son iguales en que pueden reducirse a las causas precedentes.» [25]

La escuela de Cos es, por otra parte, igualmente intolerante en la aplicación de la filosofía a la medicina. En *La Medicina Antigua* (cuyo autor puede ser el sofista Protágoras) encontramos lo que sigue:

> «Quienes intentan discutir el arte de curar basándose en un postulado —frío, calor, sequedad, humedad o cualquier otra fantasía—, limitando así las causas de la enfermedad y la muerte de los hombres a uno o dos postulados, no sólo están claramente equivocados sino que deben fustigarse especialmente porque están equivocados acerca de lo que es

[25] * Obliga a valorar negativamente la lentitud del progreso de la ciencia médica y la oscuridad que rodea a la epilepsia el hecho de que las causas de esta enfermedad todavía sean casi desconocidas, y que sólo exista para ella un tratamiento a lo sumo paliativo. Pese a todo, el estudio de la epilepsia ha iluminado mucho el funcionamiento normal del cerebro.

un arte o una técnica, y precisamente una que utilizan todos los hombres en las crisis de su vida, honrando altísimamente a los practicantes y artesanos de ese arte cuando son diestros.»

Pese a esta denuncia, el uso de postulados filosóficos tendía a aumentar en la medicina e incluso encontramos esta tendencia en los escritos hipocráticos.

Tal cosa derivaba en parte del nacimiento de los estudios anatómicos y fisiológicos. Un discípulo de Pitágoras, Alcmeón, aprendió, mediante la disección, algo acerca de la función de los nervios y se atrevió a afirmar que el cerebro, y no el corazón, es el órgano de la sensación y del movimiento. Este hecho puede haber sido conocido prácticamente por los cazadores primitivos, pero todavía era negado por 'los médicos dos mil años después. Las doctrinas más místicas encontraron aceptación con mayor facilidad. Otro pitagórico, Filolao, formuló la doctrina de los tres espíritus o almas del hombre: los espíritus vegetativos, que comparte con todas las cosas que crecen, situados en el ombligo; el espíritu animal, compartido únicamente con las bestias, que da la sensación y el movimiento, situado en el corazón, y el espíritu racional, poseído únicamente por el hombre y localizado en el cerebro. Estos espíritus dominaron la fisiología y la anatomía durante siglos, impidiendo al hombre usar la evidencia de sus sentidos, hasta que Harvey acabó con ellos.

La doctrina de los humores

La doctrina de los cuatro humores fue la más persistente y perjudicial para la teoría y la práctica de la medicina, habiendo sido establecida por primera vez por Empédocles. Éste fue tan médico como filósofo y, naturalmente, introdujo sus ideas cosmológicas en su teoría médica. Consideraba que los mismos cuatro elementos o «raíces de las cosas» de que está hecho el universo deben encontrarse en el hombre y en todos los seres animados. Para él, siguiendo probablemente modelos míticos más antiguos, el hombre era un microcosmos, un pequeño mundo, que modelaba en sí mismo el macrocosmos o gran mundo. Los cuatro elementos del mundo —fuego, aire, agua y tierra— se equiparaban a los cuatro humores del cuerpo —sangre, bilis, flema y bilis negra —. Éstos eran también los cuatro colores sagrados de la alquimia: rojo, amarillo, blanco y negro.[26] Según el que era predominante, el hombre era sanguinario, colérico,

[26] * Este conjunto de colores es en realidad mucho más antiguo que la doctrina de los humores. Se trata de los colores más fáciles de conseguir artificialmente y constituyen la gama fundamental de la pintura de la Edad de Piedra. Se presentan en la mitología egipcia, posteriormente en la India y, con algunas modificaciones, también en la China. Representan las cuatro Varna que caracterizaban las distinciones de casta.

flemático o melancólico. Esto condujo a todo un sistema médico aparentemente racional que durante siglos se superpuso al arte práctico de la medicina de la escuela hipocrática original. En esta teoría el tratamiento se dirigía a restaurar el adecuado equilibrio de los elementos controlando dos pares de cualidades opuestas, calor y frío, humedad y sequedad, que determinaban los elementos. El fuego era caliente y seco; el aire, caliente y húmedo; el agua, fría y húmeda; la tierra, fría y seca. Si un hombre tenía fiebre es que necesitaba más frío; si tenía escalofrío, necesitaba calor.

Es fácil ver que estas teorías no tienen relación alguna con los hechos de la fisiología y que difícilmente podía tener buenos efectos la práctica médica basada en ella. Desafortunadamente, pese a sus cuidadosos estudios clínicos, la escuela de Cos no estaba en situación de prescribir tratamientos eficaces. Era excelente en el diagnóstico y confiaba en el paciente y en el poder curativo de la Naturaleza si no se le daba un tratamiento violento o inadecuado. De acuerdo con su profesión, los médicos preferían una doctrina que les diera mayor participación en la curación y que exaltara su arte en una filosofía digna de ser seguida por lo mejor del pueblo.

4.6. LA PROEZA ATENIENSE

La filosofía social de Atenas

En el segundo período, el central, del pensamiento griego, el interés de la filosofía, que aún incluía a la ciencia, se trasladó del plano material al plano ideal. Refleja así los últimos estadios de la dramática culminación del desarrollo de la ciudad-Estado en el imperio ateniense de los siglos V y IV a. C. Estos sucesos, que pusieron de manifiesto el funcionamiento de nuevas fuerzas en la sociedad y quedaron formulados para las generaciones siguientes clara y bellamente en las obras de historiadores como Tucídides, siguen siendo de enorme importancia para la ciencia y la política actual. Se iniciaron con el advenimiento, por primera vez en la historia de la humanidad, de una democracia integrada deliberadamente por los ciudadanos. Esa democracia se mantuvo en el poder durante el tiempo suficiente para mostrar algunas de sus enormes posibilidades creadoras, de las que son prueba el Parte-non y las tragedias atenienses, finalmente se derrumbó debido a que estaba basada en la esclavitud y en la explotación del territorio extranjero, siendo incapaz de resistir los ataques de la reacción aristocrática, incorporada al mucho más primitivo Estado de Esparta, bien apoyado por el oro persa.

La caída de la democracia ateniense es un punto crítico de la civilización clásica. Nunca llegaría ya a acercarse tanto a un control popular de la vida social y a la supresión del dominio de los ricos. A partir de entonces la ciudad-Estado griega, pese a todos sus éxitos materiales y a sus conquistas intelectuales, estaba condenada a la destrucción final. La democracia no podía ofrecer ninguna solución real para escapar a la contradicción económica de la ciudad de la Edad del Hierro; fuera de ella sólo existía un camino que conducía al aumento de la esclavitud en el interior y a las aventuras militares en el exterior. Así, durante cinco siglos la civilización griega se extendió por gran parte del mundo, pero su desarrollo interno había empezado a terminar.

Los filósofos de la reacción

La gran tríada de filósofos griegos, Sócrates, Platón y Aristóteles, pertenecen los tres a Atenas, pero a la Atenas de la decadencia. Su enorme capacidad y poder de influencia sobre el pensamiento derivan de la grandeza revolucionaria de la primera ciudad libre, pero lo pusieron al servicio de la contrarrevolución. Sócrates, al menos tal como los representa Platón, Platón mismo y Aristóteles mostraron un desprecio por la democracia que sólo parcialmente disimulaba el

temor que les inspiraba. Marx fue demasiado benevolente con los filósofos —salvo que pensara en Epicuro, su favorito— cuando escribió: «Hasta ahora los filósofos se han preocupado solamente de comprender el mundo, cuando de lo que se trata es de transformarlo». La tarea que muy conscientemente se impuso a sí mismo Platón fue la de *evitar que el mundo cambiara,* al menos, en el sentido de la democracia.

Sócrates y la lógica

La reacción idealista en el pensamiento griego se expresó en términos de la nueva técnica o *lógica* de manejar las palabras (= *logoi).* La política ateniense en la era democrática dio a la retórica y a la discusión una importancia mucho mayor de la que había tenido en muchas ciudades griegas; por ellas se obtenía fama y riqueza. Tal cosa suscitó un renovado interés por las palabras y por su significado. El control del pueblo mediante la palabra se convirtió en algo más remunerador que el dominio de los objetos mediante el trabajo. Toda una nueva clase de sabios profesionales —los sofistas— llegó a Atenas para enseñar a tener éxito a quienes pudieran pagar por ello. El más famoso, Protágoras, es recordado por haber dicho que «El hombre es la medida de todas las cosas», expresando así la primacía de la convención humana sobre todo conocimiento absoluto. Su oponente fue el propio Sócrates, quien desarrolló un método de argumentación mediante el cual, plateando una serie de preguntas sobre la opinión de su oponente, podía en muy poco tiempo hacer claro para el auditorio que ese oponente no sabía de qué estaba hablando. Para Sócrates el principal fin del hombre reside en la virtud o bondad individual, que es un resultado automático del saber. Tanto la palabra griega *areté* como la romana *virtus* se referían originalmente a una virtud viril y combativa. Ares fue el dios de la guerra. Por lo tanto, hubo de pasar mucho tiempo antes de que esa virtud se incorporara al ideal del ciudadano, y más aún para que se convirtiera en la sumisión cristiana. Según Sócrates, el saber que conduce a la virtud no es conocimiento físico o algo que pueda ser aprendido, sino más bien un rechazo de toda *opinión y* la confianza en la *intuición* innata. En esto se parecía a su contemporáneo, el filósofo chino Lao-Tsé, escéptico de las convenciones y lleno de confianza en la realización de una virtud natural innata.

Sócrates tenía su «demonio» privado, que le inspiraba en los momentos críticos. Es difícil afirmar cuáles fueron sus propias creencias, porque no escribió nada y cuanto conocemos de él lo debemos a Platón. Sócrates fue un magnífico conversador y un carácter excepcional que tuvo una enorme influencia en la Atenas de su tiempo, ganándose tan devotos amigos como enconados enemigos.

Pese a ser un hombre del pueblo, no fue partidario de la democracia y, al menos en sus últimos años, se rodeó de jóvenes ricos y aristocráticos. Algunos de ellos, como Alcibíades, se volvieron contra la ciudad en la guerra con Esparta, mientras que otros, como Critias y Cármides, participaron en el gobierno reaccionario de los treinta tiranos que se formó después de la derrota. Éste fue derrocado por una revuelta popular en el año 403 a. C., siendo sustituido por una democracia que, sin embargo, se comprometió con los espartanos a no tomar represalias políticas. Bajo este gobierno Sócrates fue acusado de impiedad y de corromper a la juventud, aunque las verdaderas razones de su juicio fueron de carácter político. Sus enemigos, aparentemente, sólo deseaban exilarle, pero su tranquila y desafiante defensa les llevó a condenarle a muerte convirtiéndole en el primer y más famoso mártir de la filosofía. Las circunstancias de su vida y de su muerte señalan, más que su propio carácter, la separación del pensamiento griego en dos caminos diferentes. En adelante la filosofía habría de tener una rama moral o ética y una rama natural o física; durante dos mil años la primera gozaría del mayor prestigio.

Platón

Platón, como todo joven rico de la aristocracia ateniense, estuvo bajo la influencia de Sócrates en una época en que sus ambiciones políticas parecían definitivamente frustradas por el retorno de la democracia. Resolvió dedicar su vida a la filosofía con el objeto de enseñar a los hombres una vida mejor desarrollando los principios de un Estado perfecto. Esto le condujo por el camino del *idealismo* filosófico, convirtiéndose en el mejor exponente del mismo de todos los tiempos. Pese a no ser el primer idealista, fue capaz de presentar sus opiniones en forma de unos diálogos de una belleza y persuasividad tales que jamás han sido superados en los escritos filosóficos. En realidad, esta belleza de expresión ha dificultado a los hombres de todos los tiempos la percepción de los defectos de las ideas expresadas. El principal objetivo político de Platón, expresado principalmente en *La República* y en *Las Leyes,* era formular la constitución de un Estado en que todos los antiguos privilegios de la *aristocracia* —gobierno de los mejores— quedaran garantizados para siempre y que fuera al propio tiempo aceptable para las clases inferiores. Para inspirarse recurrió a Esparta, en la que se suponía que la cuartelaria vida que los ciudadanos hacían en común les preservaba de los sobornos y las intrigas políticas, conservando al mismo tiempo a los ilotas, aunque de hecho Esparta había fracasado notoriamente en lo primero y habría de hacerlo finalmente en lo segundo. Platón dividía en cuatro grados a los ciudadanos de su república: los guardianes; los filósofos, que gobernaban; los soldados, que la defendían, y el pueblo, que realizaría todo el trabajo. Los guardianes lo tenían todo en común, incluso la vida

de familia. A los hombres del pueblo se les permitía ese lujo, pero, en cambio, ningún poder. Estas divisiones de clase serían permanentes, justificándose por un mito o «mentira digna» sobre Dios, creador de cuatro clases de hombres: de oro, de plata, de bronce y de hierro.

Se trata nuevamente de los cuatro colores: amarillo, blanco, rojo y negro, aparecidos ya en los humores, y se trata también de las *varna,* o castas originales de la India: los *brahmanes* (sabios), los *shatryas* (guerreros), los *vaishnavas* (cultivadores) y los *suáras* (siervos). Comford, no obstante, sugiere que Platón no estaba pensando en términos de clases y que cada clase fue escogida como la más conveniente para cumplir sus obligaciones. Con todo, el pasaje que cita difícilmente permite esa interpretación. En la alegoría de Platón, «si los gobernantes encuentran un niño cuyo propio metal está mezclado con hierro o cobre, "deben, sin la menor piedad, asignarle la situación propia de su naturaleza, colocándole entre los artesanos y los campesinos. Si, por el contrario, estas clases producen un niño con oro o plata en su composición, le elevarán, de acuerdo con su valor, hasta hacerle guardián"».

Esto muestra claramente que normalmente las clases eran hereditarias, pero que Platón, como las clases dominantes británicas actuales, era lo suficientemente hábil para darse cuenta de que el mejor procedimiento para perpetuar el dominio de las clases superiores consiste en admitir que un número limitado de miembros de las inferiores se alce hasta ellas.

Mediante este rígido sistema clasista, Platón esperaba alcanzar la perfección y sobre todo la estabilidad del gobierno. Los guardianes no tendrían obligaciones hacia su familia, sino sólo respecto del Estado, y tampoco ambiciones o preocupaciones materiales. Estarían sujetos a una educación filosófica, matemática y musical que les induciría, pensaba Platón, a una superior benevolencia. De este modo esperaba injertar en la constitución espartana algunas de las recordadas glorias de la Atenas de Pericles, cuando durante algún tiempo la nueva democracia había confiado el gobierno de la ciudad a un grupo de cultos ciudadanos ricos. Platón esperaba ver aceptadas sus ideas políticas encontrando a un príncipe que fuera filósofo o al que se educara para que llegara a serlo. Hizo su último esfuerzo con Dionisio el Joven, tirano de Siracusa, pero ni él ni su corte podían soportar el rigor de la educación matemática necesaria. La república de Platón ha sido juzgada de diversas maneras por las generaciones posteriores. En la Edad Media, comparada con el gobierno arbitrario e ineficaz de reyes y nobles iletrados, parecía un ideal progresivo, especialmente al presentarse en tan bella y persuasiva prosa. En nuestra época, sin embargo, advertimos en ella desagradables anticipaciones sobre el mantenimiento del dominio de clase de los capitalistas, que hallan un eco en el espúreo Estado, corporativo de los fascistas.

Para apoyar este tema central de la ciudad ideal y justificar al propio tiempo

la vida de sus filósofos guardianes. Platón adoptó las opiniones de Pitágoras y Parménides, las cuales exaltaban la aprehensión de verdades absolutas incambiantes, lógicas y matemáticas. El énfasis en la discusión de las palabras y sus verdaderos sentidos tendía a dar a éstas una realidad independiente de las cosas o acciones a las que se referían. Puesto que hay una palabra para expresar la belleza, la belleza misma debe ser una entidad real. De hecho ha de ser más real que cualquier objeto bello. Ningún objeto bello es siempre bello, pues que lo sea o no es cuestión de opinión, en tanto que la belleza no se contiene más que a sí misma y tiene que existir independientemente de las cosas cambiantes e imperfectas del mundo material. La misma lógica se aplica a las cosas concretas: la piedra en general debe ser más real que cualquiera de específica.

El idealismo platónico

Se desarrolla así el fantástico mundo de las *ideas* —imágenes de perfección— de las que el universo material no es sino un reflejo imperfecto en los muros de la caverna en la que estamos presos durante esta vida.

Platón, por lo demás, no se preocupó de dar una explicación a estas apariencias; lo que le parecía importante era demostrar que algunas concepciones abstractas eran absolutas y eternas, independientes de nuestras impresiones sensoriales y percibidas sólo por los ojos del alma. Existe así una tríada de valores absolutos: verdad, bondad y belleza. Debía la primera a Parménides y la segunda a Sócrates, en-tanto que la tercera era su propia contribución específica, derivada de su esteticismo del arte por el arte de los días de la rica Atenas de su juventud. Estos *valores* absolutos siguen manteniéndose entre nosotros. La pretensión de que son superiores a los sentidos y se hallan más allá de todo conocimiento derivado de éstos se utiliza, ahora como entonces, para limitar la investigación científica y para apoyar las opiniones intuitivas, místicas y reaccionarias.

No obstante, Platón argüía en favor de ellos basándose en la ciencia de su tiempo. De hecho los derivaba ampliamente de las matemáticas y la astronomía, o más bien de la astrología. La palabra *astrología o* razonamiento (*logos*) acerca de las estrellas fue acuñada por el mismo Platón para substituir a la vieja astronomía o mera ordenación *(nomos)* de las estrellas. Posteriormente la astrología alcanzó tan mala fama que se volvió al nombre primitivo. Adoptó y amplió las viejas concepciones de Pitágoras sobre la importancia cósmica del número y de las figuras geométricas, encontrando en ellos ejemplos de verdades absolutas e independientes de los sentidos. Platón no parece haber contribuido mucho por sí mismo a las matemáticas, pero no hay duda de que su influencia le dio gran prestigio, orientando más tarde hacia ella a muchas mentes bien

dotadas. No obstante, al ser deliberadamente abstracto y contemplativo, alejó a las matemáticas de su origen y de su aplicación a la experiencia práctica, retardando de este modo el desarrollo del álgebra y la dinámica.

La astrología

Platón emparejó las matemáticas con la astronomía, pero se trató de una astronomía muy especial, que consideraba las estrellas más como debían ser que como eran. La vieja creencia popular afirmaba que los cuerpos celestes, y especialmente el sol. La luna y los planetas, eran seres divinos. De ahí que las personas anticuadas consideraran impía la afirmación de los filósofos jonios de que eran globos de fuego que erraban *(planein)* a través del cielo. Platón salvó la situación, pero, con una terrible pérdida para la ciencia, combinó las matemáticas con la teología afirmando, contra las pruebas ya existentes, que los planetas muestran su divinidad por la incambiante regularidad de sus perfectos movimientos circulares, componiendo entre sí la inaudible armonía de las esferas. De este modo, se eliminaba cualquier alteración en los cielos, de la misma manera que había querido eliminarlas de los asuntos humanos; la mayor obligación del hombre era contemplar la eternidad y encontrar en ella la prueba de su propia inmortalidad. La filosofía de Platón rechazó la ciencia sustituyéndola por la fe. Al postular la perfección celeste ahogó las ideas, expresadas ya por los pitagóricos, de que era la tierra misma la que se movía. Su influencia, junto con la de Aristóteles, su gran rival y sucesor, tuvo éxito al eliminar del saber humano el movimiento real de los cielos, y con él toda posibilidad de física válida, durante dos mil años.

Cuando fracasó la esperanza de Platón de encontrar un príncipe filósofo volvió a Atenas, siendo capturado en el camino y vendido como esclavo. Durante cuarenta años (387-347 a. C.) expuso sus doctrinas en los jardines del héroe Academos a un número muy selecto de discípulos. A la entrada puso la siguiente inscripción: «Nadie entre aquí que no sea matemático». La enseñanza de la Academia no concluyó con la muerte de Platón. Pese a que no desarrolló sus ideas significativamente, sí las conservó y, presidida por el prestigio de Platón y de Atenas, la Academia perduró durante casi mil años hasta su clausura por Justiniano en el año 525 de nuestra era. La Academia fue una extensión y una racionalización de la comunidad mística de Pitágoras. Fomentó la enseñanza de los aspirantes y la discusión entre los iniciados. Su gran importancia reside en que es el antepasado de todas las universidades e institutos científicos de nuestra época. Platón mismo determinó el carácter y el tono de la institución, que fue ciertamente académica en el sentido moderno. El conocimiento puro, casi exclusivamente de matemáticas, astronomía y música, debía adquirirse más por la lectura de textos que por el estudio de la Naturaleza, llena de decepciones

e irregularidades. La insistencia de Platón en las matemáticas, con todo, aseguró por lo menos la presencia de una disciplina científica en la que de otro modo hubiera sido una educación puramente literaria. Confucio, cuya influencia en la educación china es casi tan amplia como la de Platón en la de Occidente, omitió las matemáticas. Esto puede haber contribuido al retraso relativo de la ciencia china. Idealmente, en la Academia ateniense, el conocimiento de lo verdadero, lo bueno y lo bello se emprendía sólo por su propio goce. Los griegos posteriores, y tras ellos los romanos, consideraron que era realmente una educación excelente para que los jóvenes de buena familia hicieran una carrera distinguida.

El platonismo

La influencia de Platón, con todo, penetró mucho más profundamente que la de la Academia. Sobrepasado paulatinamente por la acentuación de los elementos místicos y el descuido de la lógica y la matemática, el platonismo informó todo el pensamiento conformista en los períodos clásicos posteriores. Al principio se mezcló con el cristianismo, constituyendo de hecho el principal apoyo intelectual de su teología. Tras el cierre de la Academia, las obras originales de Platón cayeron en el olvido, a excepción de la más absurda, el *Timeo,* que contiene una narración mítica de la formación del mundo. Su doctrina se transmitió ampliamente con el neoplatonismo todavía más místico de Plotino. Los árabes redescubrieron y tradujeron algunas de sus restantes obras, pero hasta el Renacimiento no volvieron a estudiarse en el original obteniendo efectos casi tan grandes como cuando fueron escritas por primera vez. A Platón se debe en gran parte que los primeros humanistas no fueran científicos. En los siglos XVI y XVII, sin embargo, la inspiración matemática de Platón desempeñó un papel importante al guiar los pensamientos de Kepler, Galileo y, a través de los platónicos de Cambridge, también de Newton.

Aristóteles

Aristóteles, al principio discípulo de Platón, abandonó la Academia después de la muerte del maestro, y en el año 335 antes de Cristo fundó una escuela de filosofía rival, el Liceo. Nació en Estagira, en la Tracia, pero pertenecía al clan griego de los asclépidas o físicos. Aristóteles ha llegado a ocupar por diversas razones un puesto central en la historia de la ciencia. Viviendo como vivió en la culminación de una fase de la vida política griega y en el principio de otra, estuvo en situación de recoger todo el saber de las ciudades libres griegas y pasar a aplicarlo a los imperios que se construían sobre ellas. Durante la mayor parte de su vida gozó de los favores especiales de las ciudades y de los reyes, haciendo

pleno uso de sus oportunidades. Su interés científico fue muy amplio y abarcó muchas más cosas que cualquier otro hombre anterior o posterior a él. Además, la mayor parte de su obra llegó a la posteridad ampliada por voluminosos comentarios realizados en el Liceo, que al principio prestó un apoyo tan activo a la investigación como la Academia lo diera a la contemplación.

Aristóteles fue más un lógico y un científico que un filósofo moral. Le faltaba el fervoroso celo reformista de Sócrates o de Platón. Al pertenecer a una generación posterior comprobó que las ideas sociales de Platón estaban fuera del tiempo. El príncipe filósofo de Platón, Dionisio el Joven de Siracusa, no fue capaz ni quiso establecer el tipo de república aristocrática independiente con que soñaba su maestro. Aristóteles, en cambio, tuvo su propio príncipe, y éste fue nada menos que el joven Alejandro, de quien fue tutor del año 343 al 340 a. C. Sin embargo, Alejandro soñaba más con fundar un gran imperio militar macedonio que en gobernar una ciudad griega.

Aristóteles se contentó con hacer del mejor modo posible las cosas que podía hacer. Fue ante todo el filósofo del sentido común, casi del lugar común. No creyó que fuera necesario transformar el Estado. Sólo era necesario que el pueblo adoptara una actitud moderada y que las cosas pudieran funcionar del mejor modo posible. Es su famosa doctrina del *medio* —ni mucho ni poco— la que está en la base de su *ética.*

La clasificación y la lógica formal

Las grandes contribuciones de Aristóteles fueron la *lógica,* la *física,* la *biología* y las *humanidades.* De hecho, convirtió todas estas materias en disciplinas formales, añadiendo incluso la *metafísica* para lo que no cabía en ninguna de ellas. Su contribución más importante, y al propio tiempo la más peligrosa, fue la idea de *clasificación,* que se encuentra en toda su obra y que constituye la base de su *lógica.* Introdujo, o al menos codificó, el procedimiento que todavía empleamos de clasificar las cosas según sus semejanzas y diferencias. La respuesta a la pregunta «¿A qué se parece esto?» constituye el *género;* y la de «¿En qué difiere de las que se parecen a ella?», la *diferencia.* Su argumentación verbal, el *silogismo* «Si todos los hombres son mortales y si Sócrates es un hombre, entonces Sócrates es mortal» todavía se enseña en la lógica actual, descuidando a veces que no podemos conocer lo general sin conocer previamente lo particular.

Aristóteles fue el primer gran enciclopedista. Trató de formular alguna explicación para todos los aspectos de la Naturaleza y de la vida humana que tenían interés en su tiempo. Y además consiguió hacerlo de un modo ordenado, cosa en la que han fracasado muchos enciclopedistas. Aristóteles heredó el

orden de los pensadores más antiguos; adoptó y formuló en forma adecuada el sistema de los cuatro elementos superpuestos: *fuego, aire, agua y tierra,* para la esfera sublunar, añadiendo un quinto, la quintaesencia, el *éter,* para las regiones superiores. El aire, el agua y la tierra están poblados de seres vivos, cada uno de los cuales tiene su propio lugar y su propia forma. Aunque todos los individuos están sujetos al nacimiento y a la muerte, a la generación y a la corrupción, las formas permanecen inalteradas. Aristóteles rompió definitivamente con la escuela jónica negándose a investigar cómo se había formado el mundo. El mundo siempre ha sido y es lo que razonablemente debe ser. No es necesaria la creación. Esto último constituyó una dificultad cuando el aristotelismo fue adoptado como base filosófica de la Iglesia Católica, pero fue fácilmente superado al introducirse una creación repentina en el comienzo y una destrucción súbita al final, y dejando en medio todas las cosas tal como estaban.

La física aristotélica

La clave de la comprensión del mundo, según Aristóteles, era la *física.* Pero por física no entendía lo que con este término se significa ahora, las leyes del movimiento de la materia inanimada. Muy al contrario, la *física* o naturaleza de todo ser era aquello hacia lo que tendía a desarrollarse y cómo se producía normalmente. En realidad, el pensamiento de Aristóteles, gracias a sus antecedentes médicos y a su interés por la biología, interpretaba el mundo como si todo estuviera vivo. Utilizaba *«física»* en el sentido en que se usa *«naturaleza»* en el himno:

> «Deja que los perros se diviertan ladrando y mordiendo, ya que ésa es su *naturaleza».*

El objeto de la investigación científica era encontrar la *naturaleza* de todo ser. Tenía que preocuparse de explicar por qué caen todas las piedras, por qué algunos hombres son esclavos. En cualquier caso, su respuesta es siempre la misma: «así es por naturaleza». Se trata, en realidad, de una contestación tan amplia como: «Es la voluntad de Dios», pero tiene un aire más científico. Como Butler decía de otro filósofo, Hudibras, «Sabe qué es qué, y por encima de eso puede volar la idea metafísica.»

En la *Física* y en *Sobre los cielos* Aristóteles aplicó ese método a lo que llamaríamos universo físico, donde más inaplicable es. Su explicación era difícilmente más plausible que la de Platón, pero le falta su exaltación emotiva y su interés matemático. No obstante, como formaba parte del gran universo lógico aristotélico, se convirtió en la forma principal en que fue transmitido a la posteridad el pensamiento griego sobre la estructura del universo. Tal cosa

mostró ser particularmente desgraciada para el progreso de la física. Giordano Bruno fue quemado y Galileo condenado antes de que las doctrinas derivadas de Aristóteles —más que de la Biblia— pudieran ser superadas. En realidad Ramos no exageró demasiado la nota cuando afirmó en su famosa tesis de 1536 que «toda la enseñanza de Aristóteles fue falsa».

Las causas finales

Aristóteles construyó su mundo físico a imagen de un modo social ideal en el que la subordinación es el estado natural. En ese mundo todas las cosas tienen su lugar y, generalmente, se mantienen en él. El movimiento natural ocurría sólo cuando algo estaba fuera del orden y tendía a volver nuevamente a él, como cuando una piedra cae entre el aire y el agua para volver a la tierra nativa, o como suben las chispas para volver a los fuegos celestes. Esto se aplica solamente a objetos que no tengan movimiento natural por sí mismos. Es de la naturaleza del pájaro volar por los aires, o de la de los peces nadar en el agua. De hecho, los pájaros y los peces están hechos *para ello.* Aquí puede advertirse una de sus principales ideas, la de las *causas finales,* según la cual los organismos y hasta la materia están dotados convenientemente para alcanzar sus propios *fines.* Aristóteles admitía otras causas, como la *material* y la *eficiente,* que suministraban la apoyatura material de los objetos y los hacían funcionar, pero las consideraba inferiores a las causas finales. Esta doctrina ha sido un desastre para la ciencia al proporcionar un modo de explicar cualquier fenómeno postulando un fin apropiado para él sin necesidad de tomarse la molestia de indagar cómo se produce.

El movimiento y el vacío

La batalla de la ciencia contra las causas finales ha sido larga, y la victoria no es, ni con mucho, completa. Según Aristóteles, el movimiento natural es el final; cualquier otro exige un motor, como el caballo que arrastra la carreta o el esclavo que rema en la galera, o como el motor inmóvil que hace girar la esfera celeste. Pero, ¿qué hay que decir del movimiento violento, como el de la flecha lanzada por el arco? Durante mucho tiempo éste fue un problema difícil para la física griega y ya Zenón, con un triunfo lógico, había demostrado que, en realidad, la flecha no puede moverse. Aristóteles encontró la solución: el motor es el aire. «El aire se abre delante de la flecha y se cierra tras ella.»

Este error condujo a otro que fue igualmente pernicioso para la física posterior. Si el aire es necesario para el movimiento violento y el movimiento violento existe en el mundo sublunar, entonces el mundo sublunar tiene que

estar lleno de aire y el *vado* es imposible. El silogismo es perfecto, pero como la premisa menor es falsa toda la argumentación fracasa. Aristóteles emplea otro argumento contra el vacío que parece estar en contradicción con el primero. Aristóteles dice: «como el aire opone resistencia al movimiento, si se pudiera retirar el aire, entonces permanecería siempre en reposo, pues no tendría adonde ir, o se movería siempre a la misma velocidad. Como esto es absurdo, no puede existir el vacío». Es interesante advertir que aquí formula casi palabra por palabra la primera ley del movimiento de Newton, y emplea una negación apriorística para demostrar la imposibilidad de algo que se halla casi a su alcance. Pero el vacío no puede existir en ningún caso; admitirlo conduciría directamente al atomismo y al ateísmo. La doctrina de que «la Naturaleza odia el vacío» tuvo un origen práctico en las experiencias de succión de líquidos, que condujo a la bomba aspirante. Finalmente, fue la limitación de la absorción de semejantes bombas lo que llevó a Torricelli a la producción del vacío.

Biología: la escala de la Naturaleza

La inadecuación y los errores de la física aristotélica se compensan en parte por la amplitud y calidad de sus observaciones biológicas. La cualificación no es defecto de Aristóteles, puesto que sus valiosas contribuciones a la clasificación y a la anatomía de los animales recibieron relativamente escasa atención hasta nuestra época, cuando ya era demasiado tarde para que resultaran de utilidad. En biología la idea de causa final es mucho más plausible como expresión de la adaptación con éxito de los organismos a su medio. «—Abuelita, ¡qué dientes tan grandes tienes!» «—¡Son para comerte mejor!» El malvado lobo era un perfecto aristotélico y un ecólogo nada malo. Pese a todo, también en biología las causas finales tienen un efecto paralizante. Las preguntas quedan contestadas al encontrar una finalidad a un órgano u organismo.

La idea directriz de la biología aristotélica es que cuanto existe en la Naturaleza trata de conseguir toda la perfección que le es posible, consiguiéndolo en grados diversos. Esto le llevó a esbozar una escala de la Naturaleza que se iniciaba con los minerales, seguía con los vegetales, luego con animales cada vez más *perfectos,* llegando finalmente, en la cima, al hombre. Puede pensarse que semejante escala supone la evolución, pero Aristóteles estaba seguro de que en el mundo nada cambia radicalmente y de que las *especies* son como hitos eternamente determinados de perfección o imperfección. En realidad, tendía más a considerar al animal como un hombre imperfecto, y al pez como un animal imperfecto, que a lo contrario. Su inmensa autoridad, añadida a la del Génesis, alejó la idea de evolución durante más de dos mil años. La idea de los diferentes grados de perfección fue útil en otro sentido, pues justificaba la creencia de que unos hombres son libres y otros esclavos por naturaleza. Si estos últimos eran

algo tan bajo que no lo comprendían se justificaban naturalmente las guerras para esclavizarlos.

Materia y forma

El concepto de amo y esclavo, de orden y subordinación, se encuentra en todo el pensamiento aristotélico. Expresa su adaptación de los ideales platónicos en su concepción dualista de la *materia* y la *forma.* La materia es algo bruto e indiferenciado; la forma es impuesta por la mente *(nous).* La materia más cruda es susceptible de adquirir cualquier forma, posee *potencialmente* todas las formas. La forma representa una finalidad de perfección que no siempre puede ser alcanzada. Al hacer una estatua, por ejemplo, la materia es algo pasivo y hasta cierto punto acomodaticio, pero a veces también es refractaria, como cuando rompe el martillo o se niega a aceptar de algún modo la forma que el escultor intenta imponerle. A consecuencia de esta resistencia de la materia, nada es *perfecto* en el mundo sublunar, y cada objeto particular tiene características *accidentales,* que son desviaciones de su *finalidad* racional, producidas por la *materia* y el *azar.*

Substancia y esencia

Las *formas* de Aristóteles se distinguen de las *ideas* de Platón en que no son *universales,* sino que cada una de ellas se refiere a un animal u objeto concreto. En la terminología de Aristóteles las formas son substanciales. La palabra *substancia* significa para Aristóteles algo que difiere mucho de su significado en la ciencia moderna. Se trata de un carácter metafísico por el cual un objeto es él mismo y no otra cosa. Para permitir de algún modo el cambio conservando la individualidad, por debajo de cada substancia hay una *esencia.* Así, cualquier hombre tiene substancialmente dos piernas, pero éstas no forman parte de su esencia, de modo que puede perder una de ellas sin dejar de ser un hombre. Las ideas de esencia y *potencialidad* son de carácter biológico y expresan los límites superiores e inferiores de lo que puede conseguir un individuo de una especie determinada. En el primer caso apenas se consigue existir; en el segundo, muestra sus plenos poderes.

La idea de potencialidad abre paso a la concepción de la evolución de las formas de lo imperfecto a lo perfecto. La perfección se concibe siempre, siguiendo a Parménides y Platón, como algo superior e inmutable. Los seres vivientes son sensibles y corruptibles y por encima de ellos están los cuerpos celestes, sensibles e incorruptibles. En un plano aún más elevado se halla el *alma racional,* insensible e incorruptible, y por encima de todo ello está Dios, la más

incambiante de todas las substancias y por ello la más real, la que realiza más plenamente su potencialidad (fig. 6).

El hombre y Dios

Así, la cima de la obra de Aristóteles fue su extensión al hombre como animal social, *zoon politikon,* y por encima de él a Dios. El hombre contiene en sí, según la doctrina de Filolao, tres almas o espíritus; el espíritu vegetativo, el espíritu animal y el espíritu racional o *nous.* El último pertenece únicamente al hombre. La *finalidad* de cada espíritu, su fuerza motriz, consiste en pugnar por su propia *perfección;* el alma *vegetativa,* por su *crecimiento;* el alma *animal,* por el *movimiento,* y el alma *racional,* por la *contemplación.* La perfección del alma racional consistía en luchar por algo todavía más perfecto, que sólo podía ser Dios, el *motor inmóvil* de todo el universo y al propio tiempo el centro de la metafísica aristotélica. La aspiración y el amor únicamente pueden darse hacia arriba; «Necesitamos amar lo que es superior cuando lo vemos», como el esclavo a su dueño, la mujer a su marido y el hombre a Dios. No se habla del amor respecto de los seres que ocupan los lugares inferiores de la escala. Esta conclusión teocéntrica es la que hizo que los escolásticos de la Edad Media se aficionaran tanto a Aristóteles, ayudándoles a superar la contradicción entre su filosofía y la historia bíblica de la creación.

Tomado en su conjunto, el sistema filosófico de Aristóteles es una racionalización magnificentemente comprensiva de la experiencia y la actitud de un ciudadano razonablemente bien situado. Sólo un espíritu que combinara una inmensa capacidad de trabajo con una complacencia inquebrantable pudo haberlo realizado. Su genio no reside en ninguna de sus partes separadamente. Salvo unas pocas investigaciones biológicas personales, nada hay en él de original; lo que contiene, sin embargo, está tomado de sus mejores contemporáneos. Su genio especial reside en la amplitud, el orden y la unidad de todo el sistema que le da la lógica.

Para conseguir esa amplitud Aristóteles hizo otra innovación llena de enormes promesas para el futuro. En vez de realizar todo el trabajo por sí mismo o de limitarse a discutir con sus colegas, como era corriente en la Academia, *organizó la investigación.* En el Liceo, seguramente subvencionado por Alejandro, los discípulos de Aristóteles recogían informaciones sobre casi todas las cosas: desde las formas literarias, sociales y naturales hasta las constituciones de las ciudades; desde los animales y plantas hasta las piedras. Lo que perdura hoy de sus resultados constituye el testimonio más valioso y sistemático sobre la vida y el pensamiento griego de que disponemos. Todavía más valiosa, empero, fue la práctica de semejantes investigaciones. Al igual que la Academia

es el origen de la universidad, el Liceo es el origen del instituto de investigación.

La influencia de Aristóteles

Como mostraremos en la sección siguiente, la práctica del método de investigación aristotélico empezó en seguida a socavar o a refutar muchas de sus conclusiones, incluida la muy importante de las causas finales. En realidad, sus opiniones sobre muchas cuestiones estaban anticuadas antes de que las hiciera públicas. Su enorme influencia sobre el pensamiento árabe y medieval, con todo, surgió pese a estas limitaciones o tal vez a causa de ellas. Los éxitos más notables de la ciencia griega o se han perdido completamente o bien, como la obra de Arquímedes, no fueron apreciados hasta el Renacimiento. Sólo podían entenderlos unos lectores cuidadosamente educados y sofisticados que difícilmente podían encontrarse en la Edad Oscura. La obra de Aristóteles, con todo, aunque difícil de seguir, no exige o no parece exigir otra cosa que sentido común para ser comprendida. Al igual que Hitler, Aristóteles nunca habló de nada que no fuera aceptado de antemano. No se necesitaban experimentos ni aparatos para comprobar sus observaciones, ni difíciles operaciones matemáticas para derivar de ellas sus resultados, ni tampoco, finalmente, la intuición mística para comprender su significado inmanente. Platón, es cierto, recurría más a la imaginación y tenía un tono moral más cálido, mientras que Aristóteles explicaba el mundo conocido precisamente tal como se conocía. Al igual que M. Jourdain, del *Bourgeois Gentilhomme* de Moliére, que hablaba en prosa sin saberlo, ambos habían sido filósofos sin apercibirse de ello. En la medida en que el mundo continuara siendo el mismo, Aristóteles podía valer, pero, como veremos, el mundo no puede seguir siendo siempre el mismo.[27]

Tomados conjuntamente, los tres grandes filósofos de la decadencia de

---

[27] * He sido acusado, y con razón, de haber sido injusto con Aristóteles. Mi actitud sería imperdonable de haber escrito una historia de la filosofía o la ciencia griega. Sin embargo, para las finalidades de este libro lo que en realidad pensó o escribió Aristóteles importa menos que lo que se creyó durante siglos que había pensado. Dejaron de apreciarse las partes sutiles y sugestivas de su obra y perduraron, en cambio, las partes insulsas y vulgares. Con más justicia que en el texto, debería decir que la finalidad de Aristóteles consistía en dar una explicación biológica —o sea, natural — del mundo como algo en movimiento. Incluso su lógica, como señala Haldane, se suscita de las dificultades de la clasificación biológica. No quisiera dar la impresión de que la influencia de Aristóteles fue conscientemente embrutecedora. En realidad, para los árabes o incluso para escolásticos tardíos como Oresme, en el siglo XIV, fue una especie de visión coherente de otro mundo, una inspiración para el pensamiento ordenado. Si santo Tomás de Aquino introdujo equívocos en todo el espíritu de investigación de Aristóteles no fue porque le faltara la capacidad de comprenderlo, sino porque era un buen cristiano y porque no podía seguir al infiel Averroes.

Atenas señalan una clara interrupción del movimiento de ideas que se había iniciado con los filósofos jonios. Puesto que el orden social no podía avanzar más, se rechazó la idea de que la Naturaleza misma estaba cambiando y desarrollándose. La filosofía dejó de ser progresiva y, como parte de la misma reacción, dejó también de ser materialista. El idealismo, en la forma mística de Sócrates y de Platón, o en el conformista esquema de Aristóteles, tomó su lugar. La filosofía propugnaba que se aceptara la vida tal como era, y a quienes la encontraban intolerable sólo podía ofrecerles la idea de que sus sufrimientos eran inevitables y formaban parte del gran orden de la Naturaleza. Esa filosofía iba camino de convertirse en una religión, pero en una religión que beneficiaba solamente a las clases superiores.

4.7. EL IMPERIO ALEJANDRINO

La ciencia helenística

La interrupción en general de las ideas filosóficas no significó, sin embargo, el fin de la ciencia práctica; en realidad mostró ser un gran estímulo para ésta. Es cierto que no se emprendió ningún ataque a fondo de los problemas de la Naturaleza y la sociedad entre las épocas de Aristóteles y de Bacon y Descartes, pues ni los escolásticos medievales ni los árabes las dominaron o pretendieron dominarlas. Pese a todo, muchos de los éxitos detallados de la matemática, la astronomía, la mecánica y la fisiología griegas tuvieron lugar en el período siguiente, el de la ciencia alejandrina o helenística. La razón de ello no puede ser en modo alguno intrínseca, pues los griegos de la época tardía fueron tan inteligentes como los del período clásico; debemos buscarla, por el contrario, en el campo social, en las condiciones que quitaron aliciente a la creatividad general pero que fomentaron, en cambio, el trabajo en ciertos campos limitados y en el desarrollo de las aplicaciones prácticas de la ciencia.

El gran cambio político y económico producido durante el siglo siguiente a la caída de Atenas consistió en la unificación forzosa de las ciudades-Estado independientes y rivales en nuevos grandes imperios territoriales que, sin embargo, derivaron su cultura ampliamente de la misma fuente. La rapidez de este cambio queda demostrada por el éxito inmediato de Filipo de Macedonia y de Alejandro. Las ciudades estaban demasiado debilitadas por las luchas de clases en el interior y divididas por enemistades mutuas para oponer una resistencia real. El nuevo tipo de ejército mercenario, bien equipado y adiestrado, no encontraba resistencia. Los ejércitos del viejo imperio persa, compuesto principalmente por campesinos casi siempre sin adiestramiento y dirigido por la nobleza hereditaria, no podían enfrentarse con él, pese a su superioridad numérica.

Fuera de esto, el tipo de civilización que los macedonios se habían limitado a adoptar mostró ser superior a las civilizaciones más antiguas invadidas. En cuanto a técnica, capacidad de organización, conocimiento y arte, el modo de hacer griego se imponía por sí mismo dondequiera que aparecía. Los mercaderes y administradores seguían a los ejércitos, estableciéndose ciudades de tipo griego, aunque sólo viviera en ellas a veces una minoría de auténticos griegos, desde Alejandría, en Egipto, la primera y más famosa, hasta la remota Alejandría Escatia (Kojand) en Afganistán. La influencia griega no se detuvo aquí, sino que se extendió allende las fronteras del imperio alejandrino. En el lejano Oriente sus efectos quedaron debilitados por la distancia, pero el primer imperio

Indio, el del budista Asoka, fue consecuencia directa de una expedición de Alejandro; al propio tiempo, algo del arte, la filosofía y la ciencia griegas se difundió con el budismo hasta la China. En esta última tenía lugar, al mismo tiempo, un movimiento parecido pero completamente independiente. En el año 221 a. C., el gobernante del semibárbaro estado de Chin creó por la fuerza de las armas el primer imperio chino del tipo de los de la Edad del Hierro, dándose a sí mismo el nombre del primer emperador legendario, Huang Ti. Pese a que esta dinastía no duró mucho, la unidad del imperio perduró durante largo tiempo. Durante todo el período clásico el altamente civilizado Imperio Han tuvo fronteras comunes con los de Persia y la India.

Las influencias del helenismo en Occidente fueron mucho mayores debido a que no había que sustituir tantas culturas indígenas. Los clanes latinos se helenizaron rápidamente, en parte influidos por la cultura urbana de los etruscos, procedentes de Asia, y en i irte por los colonos griegos de las ciudades de la costa. Una ciudad, Roma, después de expulsar a sus reyes etruscos, mostró ser más poderosa que todas las demás, y tras una agitada historia política interna apareció como la república plutocrática que más tarde, en forma de Imperio Romano, había de dominar toda aquella región.

La ciudad helenística y los imperios macedónicos

Las ciudades helenísticas difirieron en muchos aspectos de las griegas, según las cuales fueron modeladas. En primer lugar, a las distinciones de clase que ya actuaban anteriormente se añadió una distinción de raza o de cultura entre las clases de comerciantes y funcionarios, de habla griega, y los nativos. Estos nativos del este y del sur, aunque sometidos políticamente, sabían que tenían una cultura propia mucho más antigua y en absoluto inferior a la de los griegos. Pese a que esta división fue disminuyendo con el tiempo, perduró hasta el final del período clásico, cuando las viejas culturas se reafirmaron en una nueva forma religiosa. En segundo lugar, las ciudades no eran independientes, sino que formaban parte de los fugaces imperios de los Ptolomeos de Egipto, los Antióquidas de Siria y las diversas dinastías del Asia Menor y de Grecia. Se trató, por lo tanto, de un retorno, aunque sólo parcial, al Estado de los viejos imperios, con un rey divino, una corte y un ejército. Este ejército fue originalmente el macedónico, pero más tarde se formó con toda clase de mercenarios locales. Los ciudadanos tenían que sufrir la tiranía o, lo que es peor, la debilidad de los reyes, pero poco podían hacer frente a ello. Las decisiones de importancia se tomaban en la corte o en el campo de batalla. Se dedicaron, por lo tanto, a ganar dinero y disfrutar de la vida, mientras que los pobres, los nativos y los esclavos procuraban hacer frente a la situación del mejor modo posible. Consecuencia de ello fue que la sociedad se fragmentara en un grado no alcanzado hasta

entonces en la historia humana. Los ciudadanos tenían posibilidad de desarrollar una cultura muy selecta y superior; ésta, sin embargo, estaba condenada a la esterilidad desde el principio.

La difusión del helenismo había tenido lugar en realidad a expensas de su desarrollo cultural interno. En el arte, la tragedia, la literatura y la política, los últimos éxitos griegos, especialmente los de Atenas, quedaron, por decirlo así, congelados. Los buenos modelos fueron copiados en el ligeramente exagerado y sentimental estilo helenístico; florecían los comentarios y las críticas pero no se produjo nada realmente grande y nuevo.

En filosofía las escuelas de Demócrito, Platón y Aristóteles no tuvieron sucesores reales. En realidad la filosofía, que ya se había apartado de la ciencia, se apartó también de la vida política a partir de la época de Alejandro, convirtiéndose casi exclusivamente en filosofía moral. El ciudadano podía enriquecerse pero no le era posible participar en el gobierno del Estado a menos de que gozara del favor de la Corte. La filosofía se ocupó entonces de reconciliar al hombre, políticamente impotente, con las incertidumbres de la vida en un mundo económicamente inseguro y amenazado por la guerra. *Cínicos* y *escépticos* se encogían de hombros. Los *estoicos* alcanzaron una fina muestra de indiferencia superior basada en la creencia en el valor intrínseco de la virtud y en un mundo gobernado por un destino inalterable determinado por los astros. Los *epicúreos* conminaban a los hombres a obrar del mejor modo posible, practicando la virtud como el camino más seguro para el placer, sin preocuparse de los dioses, que están demasiado por encima de este mundo de átomos en movimiento. La filosofía del mundo antiguo se redujo al misticismo de agnósticos y neoplatónicos, y el último eco de su vieja voz fue la *Consolación* de Boecio, al final de una era pero al principio de otra. Los filósofos representaban lo que muy propiamente puede llamarse la *religión* de las clases superiores cultas. En realidad proporcionaron el lenguaje intelectual en que las religiones más primitivas, pero mucho más vitales, de las clases inferiores se expresarían tan pronto como llegaran al poder.

La ciencia helenística

La única excepción a la decadencia intelectual general fue durante algunos siglos el desarrollo de la ciencia natural. En algunas direcciones, especialmente en la matemática, la mecánica y la astronomía, se produjo una notable erupción de nuevo pensamiento creador. Esto se debe ampliamente a las consecuencias económicas y técnicas de las conquistas de Alejandro. Al abrir para el comercio griego un mundo mucho más amplio que el que hasta entonces conocía, creó un nuevo mercado que durante algún tiempo alivió la crisis crónica de la ciudad-

Estado griega: el subconsumo debido a las míseras condiciones de los pobres y los esclavos. El mercado de exportación para los productos manufacturados estaba casi restringido a una clase: únicamente se producían bienes para los propietarios ricos —plata cincelada, alfarería, vidrio fundido, papiros, vestidos ceñidos y tejidos cuidadosamente trabajados— pero era lo bastante amplio para que estos bienes pudieran ser producidos en cantidad. Eso condujo al nacimiento de villas manufactureras que empleaban, en su mayor parte, trabajadores asalariados en competencia con los esclavos. Al propio tiempo, la existencia de amplios territorios sometidos a un mismo gobierno favorecía un comercio marítimo limitado a los artículos de primera necesidad, especialmente el trigo, de esa población no agrícola. Tal cosa condujo, a su vez, a progresos técnicos, no sólo en la manufactura sino también en la agricultura, donde se empleaban a gran escala cuadrillas de esclavos. Estas mejoras concernían a los gobernantes y, por lo tanto, a sus consejeros científicos. Otra necesidad, tal vez más urgente, de nuevas técnicas residía en el casi permanente estado de guerra entre los imperios, para lo cual había siempre demanda de máquinas cada vez más complicadas. Los gobernantes macedónicos de los Estados helenísticos, a diferencia de los romanos que los sustituyeron, se educaron en el aura de prestigio de la sabiduría griega, fomentando, y no sólo permitiendo, todas sus ramas. La ciencia griega, más que la literatura o la filosofía, fue la principal beneficiaria.[28]

El Museo de Alejandría

En realidad la gran contribución de la ciencia griega a la ciencia de los tiempos posteriores deriva en su mayor parte de la obra realizada en el primer período

[28] He sido criticado por infravalorar la aportación al progreso de la ciencia de los trabajadores libres de la época helenística y de sus técnicas. Mi intención no era ésta. La principal dificultad con que he tropezado ha sido la falta de pruebas, que sólo pueden ser resultado de estudios detallados que o bien escasean mucho o bien están todavía por hacer. Hay pocas pruebas materiales de las conquistas de los científicos e inventores helenísticos. Han sobrevivido algunas bombas y relojes de agua, al igual que un órgano neumático, pero el hallazgo casual de un fragmento de navío hundido, restaurado recientemente por el doctor Price, muestra que los técnicos helenísticos eran capaces de construir relojes mecánicos muy elaborados, con ejes conectados variables, al parecer no con finalidad de indicar la hora sino para demostrar los diversos movimientos de los planetas. Por lo que sé, solamente puedo conjeturar que la ebullición de mejoras técnicas provino de la fusión de las técnicas propias con las de Siria, Persia y, sobre todo, Egipto. El amplio mercado de los artefactos proyectados para obtener ganancias — fenómenos ilusorios para el templo, obras hidráulicas y relojes— puede haber producido un efecto sugestivo sobre la capacidad inventiva, similar al que tuvo lugar en el Renacimiento con los entretenimientos palaciegos, y los científicos pueden haberse interesado por ellos. No solamente les hizo estudiar los principios de la hidrostática y la neumática, sino que produjeron por sí mismos artificios nuevos y mejorados.

helenístico o alejandrino (330-200 a.C.) y en gran parte en Alejandría misma, la más importante ciudad griega del imperio de los sucesores de Alejandro, los ptolomeos. La ciencia griega creció en contacto directo con los problemas tanto de la técnica como de la ciencia de las viejas culturas asiáticas, y no sólo las de Egipto y Mesopotamia sino también, en cierta medida, de la India. Ahora, por primera vez en la historia humana, se produjo un intento consciente y deliberado de organizar y subvencionar a la ciencia. El Museo de Alejandría fue el primer instituto de investigación subvencionado por el Estado, y aunque su producción artística, literaria e incluso filosófica es despreciable, salvo su conservación de los antiguos textos, contribuyó más a la ciencia que ninguna otra institución anterior y posiblemente posterior. La obra científica del Museo, con la de sus ex miembros y corresponsales en el resto del mundo clásico, como Arquímedes, fue mucho más especializada que cualquier otra de las que la precedieron o que habían de sucedería durante 2.000 años. Refleja el aislamiento del ciudadano griego en un grado todavía mayor. El mundo científico era entonces lo bastante grande para proporcionar una pequeña *élite* capaz de comprender y apreciar obras de astronomía y matemáticas tan especializadas que ni siquiera el ciudadano medio culto podía leerlas y que los órdenes inferiores de la población consideraban con una mezcla de temor y desconfianza. Esto obligaba a los científicos a aventurarse en argumentos complejos y refinados y a conseguir, por medio de la crítica, enormes y rápidos progresos. Al mismo tiempo, estos progresos fueron muy inseguros. Todo el esfuerzo científico dependía del patrocinio de un Estado ilustrado. Cuando éste llegó a faltar el edificio del saber se derrumbó en gran parte y, como no tenía raíces vivas fuera de las ciudades, fue ampliamente olvidado aunque dejó unos pocos escritos de vital importancia que verían nuevamente la luz en el Renacimiento.

Las principales tendencias de trabajo, en los primeros días de la ciencia alejandrina, seguían a las de Aristóteles y su escuela. El Museo debe considerarse en realidad como la rama egipcia del Liceo; al estar mejor dotado superó en pocos años a la primitiva fundación. Estratón, alrededor del año 270 a. C., el más competente de los científicos helenísticos, enseñaba a la vez en Alejandría y en Atenas y fue la última cabeza importante del Liceo.

El ámbito de la investigación de ambas instituciones no abarcó, sin embargo, todo el programa de Aristóteles. El interés biológico y sociológico de éste no encontró continuador salvo en su sucesor inmediato,

Teofrasto, que realizó en la botánica lo que Aristóteles en la zoología, iniciando además una mineralogía descriptiva que, aunque tosca, no fue mejorada substancialmente durante 2.000 años. En cambio se estudió intensivamente la física, especialmente en sus ramas astronómica, óptica y mecánica. En lugar de la preocupación por la lógica de Aristóteles se produjo un

rápido desarrollo de las *matemáticas,* siguiendo en esto las líneas platónicas. Éste se ocupó primordialmente de la belleza inherente a las formas ideales y de la necesidad de integrarlas en el mundo simplemente observable. Pese a todo, podía ser utilizada, como de hecho lo fue, en un plano inferior, para obtener descripciones astronómicas más precisas y convertir la mecánica, la neumática y la hidrostática en ciencias exactas.

En ideales condiciones de trabajo, con instrumentos mejorados y con posibilidad de realizar experimentos, las elementales intuiciones de Platón y Aristóteles pronto fueron superadas. La teología, la doctrina de los lugares naturales y de las causas finales fue abandonada, al igual que la teoría aristotélica del movimiento, que hacía imposible el vacío. Se readmitió buena parte de la teoría atómica de Demócrito, que los filósofos atenienses habían proscrito severamente. En gran medida el primer estadio de la destrucción de la filosofía que la Edad Media creía que era la de los antiguos se había consumado ya al principio del siglo III antes de Cristo. Boyle hubiera estado completamente de acuerdo con las ideas de Estratón, pero nunca llegó a conocerlas. El avanzado pensamiento del período helenístico se perdió casi por completo salvo en matemáticas. La razón de esto se ha indicado ya con anterioridad: se trata del aislamiento real —social e ideológico— de los científicos de Alejandría, Atenas y Siracusa. Éstos no fueron ya filósofos. Estratón, según Cicerón, «abandonó la ética, que es la parte más importante de la filosofía, y se dedicó a la investigación de la Naturaleza». Se apartaron, por lo tanto, de las grandes corrientes del interés que en aquellos tiempos de crisis y decadencia se volvían hacia el mundo interior del individuo. Sus avanzadas ideas no se difundieron y, salvo en astronomía, donde seguían siendo necesarias para las limitadas tareas de la época, especialmente la astrología, acabaron por olvidarse, mientras que se conservaron las opiniones, menos científicas y más de sentido común, de Platón y Aristóteles.

La matemática helenística: Euclides

Las ciencias matemáticas y físicas se cultivaron en el mundo helenístico ante todo con dos finalidades: la académica y la práctica. La académica, que naturalmente3 se consideraba superior, se centró en la matemática y condujo a la ampliación y sistematización de una de sus ramas: la geometría. El cálculo numérico se consideró claramente inferior y cuando se hacía necesario se le disfrazaba de geometría. En ésta, sin embargo, se alcanzaron resultados sólidos y admirables. Arquímedes aplicó y mejoró los métodos de Eudoxo para determinar el valor de x con cinco cifras —la cuadratura práctica del círculo— y halló las fórmulas de los volúmenes y superficies de esferas, cilindros y otros cuerpos más complicados. Se inició así realmente el cálculo infinitesimal, que

había de revolucionar la física en manos de Newton. Se dio también un amplio estudio de las curvas superiores al objeto de resolver los clásicos e inútiles problemas de la trisección de un ángulo y la duplicación del cubo. De importancia muy superior fue la elaboración por Apolonio de Pérgamo (220 a. C., aproximadamente) de los estudios de las secciones cónicas —elipse, parábola e hipérbola— descubiertas por Menecmo hacia el año 350 a. C. Su trabajo fue tan completo que Kepler y Newton pudieron tomarlo tal como era 2.000 años después para inferir las propiedades de las órbitas planetarias.

Aún más importante que estos descubrimientos aislados fue la sistematización de la matemática realizada en la época helenística. El encadenamiento lógico de los teoremas se conocía ya con anterioridad —de hecho, la lógica de Aristóteles es una copia en palabras del procedimiento geométrico de prueba—; sin embargo, hay que llegar a Euclides (300 a. C-, aprox.) para que se reúna en un edificio unitario de *deducción* a partir de *axiomas* una gran parte del saber matemático. El valor de este hecho para las matemáticas fue considerable, como lo muestra que en una forma u otra Euclides siga siendo la base de la enseñanza matemática. Su valor para las ciencias físicas es más dudoso, al subrayar la superioridad de la demostración sobre el *descubrimiento* y de la lógica *deductiva,* basada en principios evidentes, sobre la lógica *inductiva,* basada en la observación y la experimentación. El éxito de la geometría frenó el desarrollo del álgebra, al igual que la muy primitiva notación numérica griega. Excepción parcial es la constituida por la obra de

Diofanto (aprox. 250 n. e.) sobre las ecuaciones. Esta obra, que es muy posterior a las citadas, muestra la influencia de la matemática caldeo-babilónica a ella contemporánea.[29]

La astronomía helenística: Hiparco y Tolomeo

El estudio de la astronomía quedó a medio camino entre lo teórico y lo práctico. Según Platón, se trataba del estudio de un mundo ideal celeste, acorde

[29] * La influencia de la antigua tradición matemática y astronómica babilónica —ambas son difícilmente separables — sobre la ciencia helenística fue seguramente mayor de lo que se cree. En la astronomía la continuidad no se rompió, e Hiparco cita observaciones de Kidinnu. Pero la tradición geométrica griega era ya firme en la época de Alejandro y su fusión real con el punto de vista algebraico, conseguida por los árabes, no se terminó hasta la época de Descartes. Por algunos indicios que han llegado hasta nosotros está claro que la actividad intelectual prosiguió en Babilonia al menos durante mil años después de Nabucodonosor, bajo la dominación persa, griega y nuevamente persa, hasta la época islámica. Y no fue una mera conservación de la tradición o continuación de las observaciones, sino que se consiguieron progresos reales, como el descubrimiento de la precesión de la elíptica por Naburiannu, en el siglo IV a. C.

con la dignidad de los dioses que vivían en él. Cualquier desviación que pudiera observarse en el cielo real debía ser ignorada o excluida de la explicación. Por otra parte, la supuesta importancia de los cielos exigía que la posición de las estrellas, y particularmente la de los planetas, pudiera ser determinada con precisión, y conocida además de antemano, si se quería tener alguna esperanza de eludir las predicciones de la astrología. A consecuencia de estas dos tendencias la astronomía helenística —la única parte de la ciencia griega que ha llegado íntegramente hasta nosotros— se dedicó ampliamente al intento de elaborar esquemas cada vez más complicados y que estuvieran de acuerdo con las observaciones realizadas sin violar los cánones de la simplicidad y de la belleza. Esta búsqueda dio un impulso al desarrollo de la matemática y de la observación física. Puede decirse que la astronomía se convirtió, casi hasta nuestros días, en la piedra de afilar en la que se aguzaban todos los instrumentos científicos.

La base matemática de la astronomía estaba constituida por las esferas de Eudoxo, pero para el trabajo real era más fácil considerar el movimiento de los planetas en un plano y salvar las apariencias con la introducción de «círculos dentro de círculos». Esto hizo el mayor astrónomo y observador de la antigüedad, Hiparco (190-120 a. C.), quien inventó la mayoría de los instrumentos utilizados durante los dos mil años siguientes y compiló el primer catálogo astronómico. Su sistema planetario, aunque más exacto, era mucho más complicado que el de Eudoxo y eliminaba el último vestigio de plausibilidad mecánica. En la forma que le dio Tolomeo (90 168 -n. e.) doscientos años más tarde se convirtió en canon astronómico hasta el Renacimiento. Fue aceptado porque eliminaba todas las dificultades de la tierra al cielo, donde, después de todo, no había razón alguna para esperar que funcionara la mecánica vulgar. Además, como podía emplearse para efectuar mediciones —añadiendo tantos epiciclos como fueran necesarios—, se obtenían predicciones pasablemente exactas.

La tradición contraria, de que era la tierra la que giraba, formulada por Ecfanto en el siglo IV, o tal vez por Hicetas en el siglo V a. C., nunca se perdió. Fue apoyada vigorosamente por Heráclides de Ponto (370 a. C, aprox.), quien adoptó el sistema de una revolución terrestre en el centro de un universo circular, en torno a la cual giraban el sol y la luna, pero en el que en cambio, los planetas giraban en torno al sol y no en torno a la tierra. Este sistema, que describe completamente lo que se observa, fue adoptado más tarde por Tycho Brahe. El último paso lógico lo dio Aristarco de Samos (310-230 a. C.), quien llegó a colocar al sol y no ya a la tierra en el centro del universo. Sin embargo, este sistema, pese a la eminencia de su propugnados no llegó a tener mucha aceptación por considerarse impío, absurdo filosóficamente y violado por la experiencia diaria. Se mantuvo, con todo, como una herejía permanente

transmitida por los árabes, reavivada por Copérnico y justificada dinámicamente por Galileo, Kepler y Newton.

La geografía científica

El desarrollo de la astronomía hizo posible por primera vez una geometría métrica y científica. El problema de construir un *mapa* consiste en relacionar las posiciones astronómicas sobre una esfera, los paralelos imaginarios de la latitud y los meridianos (líneas de mediodía) con las posiciones de las ciudades, ríos, costas, tal como las describen los viajeros y funcionarios. Esto equivale a medir las *dimensiones de la tierra,* cosa que realizó por vez primera Eratóstenes de Cirene (275-194 a. C.), uno de los directores del Museo. El valor de la circunferencia terrestre determinado por él —39.740 kilómetros— tiene únicamente un error de 400 kilómetros y no llegó a mejorarse hasta el siglo XVIII. Las conquistas de Alejandro habían ampliado enormemente los límites del mundo conocido por los griegos, pero se habían detenido allí, pues no existió incentivo económico alguno para realizar ulteriores exploraciones al este o al oeste —excluidos unos pocos viajeros solitarios, como Pitias de Marsella (aprox. 330 a. C.), hasta la época del Renacimiento. La falta de interés por los viajes oceánicos hizo innecesario el desarrollo de una astronomía refinada para la navegación, pues los viajes costeros podían efectuarse bastante bien con un conocimiento muy elemental de las estrellas.

La óptica fue igualmente un apéndice menor de la astronomía. Los antiguos nunca llegaron a producir lentes —su vidrio era demasiado defectuoso y el cristal era muy raro—. Su catóptrica —estudio de la reflexión en espejos— se desarrolló para producir ilusiones ópticas y para la fabricación de espejos, pero carecía de empleo serio. Por otra parte, su dióptrica —medición de los ángulos por refracción— se utilizaba para hacer mediciones muy precisas. A pesar de esto no parece que llegaran nunca a conseguir verdaderas perspectivas, que sólo se realizarían en el Renacimiento.

La mecánica helenística: Arquímedes

Fue en la mecánica donde el período helenístico realizó su mayor contribución a la ciencia física. El primer impulso procede seguramente del lado técnico. La artesanía griega, particularmente en los metales, había alcanzado un alto nivel antes de Alejandro. Transplantada a países como Egipto y Siria, con recursos mucho mayores a su alcance, podía utilizarse para introducir mejoras radicales en toda clase de maquinaria, especialmente en la de la irrigación, transporte, construcción naval e ingenios militares. Sabemos que alrededor del

siglo III antes de Cristo aparecieron gran número de artilugios al parecer nuevos, pero su origen sigue siendo oscuro. Tal cosa puede haberse iniciado con el descubrimiento, por los invasores, de la maquinaria, tradicionalmente desarrollada, de los artesanos locales, más tarde descrita y posteriormente mejorada por técnicos griegos cultos. El mutuo estímulo del trabajo artesano de precisión y del cálculo exacto se observaría nuevamente en el Renacimiento. El polipasto y el torno pueden proceder de los barcos de vela y de los aparatos de las obras de irrigación, pero el tornillo roscado, en cambio, parece ser un invento más elaborado, en el que tal vez haya intervenido algún matemático. A exigencias de sus reales patronos, los filósofos estaban preparados por entonces para rebajarse a considerar el diseño matemático de las máquinas. Ciertamente, las leyendas sobre las máquinas bélicas de Arquímedes deben de tener alguna base, aunque Plutarco dice de él que «Consideraba el trabajo del ingeniero y todo lo relacionado con las necesidades de la vida como cosa innoble y vulgar». Arquímedes (287-212 a. C.) fue una de las mayores figuras de la matemática y la mecánica griegas, y el último de los científicos griegos realmente originales. Era pariente de Hierón II, el último tirano de Siracusa, y desempeñó un papel importante en la defensa de la ciudad contra los romanos. Fue asesinado, mientras estaba ocupado en un problema, por un soldado romano que no le reconoció, o no se preocupó de lo que estaba haciendo. Aunque situado en la línea de la ciencia *pura* tradicional griega, sabemos, por el accidental descubrimiento de su obra sobre el *método,* que utilizaba realmente modelos mecánicos para llegar a resultados matemáticos, aunque con frecuencia prescindiera de ellos *en la demostración.* La mayor parte de su obra no fue continuada en la época clásica, y sólo llegó a apreciarse plenamente en el Renacimiento. La primera edición de las obras de Arquímedes apareció en 1543, el mismo año que *de Revolutionibus* de Copérnico y *Fabrica* de Vesalio, y obtuvo un efecto comparable al de estos últimos trabajos.

La estática y la hidrostática

En sus *elementos de mecánica,* Arquímedes dio una explicación completa y cuantitativa del funcionamiento de las máquinas simples y puso las bases de la ciencia de la *estática,* un análisis característicamente griego de las condiciones en que las fuerzas se equilibran exactamente.

Fue también el fundador de la *hidrostática,* las leyes de la flotación de los cuerpos, que tuvo dos aplicaciones importantes. Una de ellas fue la determinación de las densidades de los cuerpos midiendo su peso en agua; esto, que servía para la prueba de los metales preciosos, se conservó sin perderse nunca. La otra aplicación, consistente en la determinación de la carga de un barco, era conocida tradicionalmente por los constructores de barcos pero no

llegó a determinarse calculísticamente hasta el siglo XVII.

La neumática

La neumática fue una rama radicalmente nueva de la mecánica, consistente en el estudio y empleo de los movimientos del aire. Ctesibio (aprox. 250 a. C.) y Herón (aprox. 100 d. C.) construyeron muchos artefactos ingeniosos que funcionaban con aire comprimido, la mayoría de ellos para s empleo en los templos. Herón llegó a construir una rudimentaria máquina de vapor que funcionaba según el principio de la propulsión a chorro. Un invento más práctico fue el de las bombas. En esto, la habilidad técnica de los trabajadores del metal les permitió producir bombas de doble acción tan buenas como las existentes hasta nuestro siglo y lo bastante baratas como para ser empleadas incluso en la remota Bretaña. Otro artificio neumático fue el órgano de viento, con registros accionados por teclas al igual que nuestros órganos y pianos.

Los conocimientos mecánicos y las conquistas del período helenístico eran suficientes por sí mismos para haber producido los principales mecanismos que dieron origen a la Revolución Industrial —la máquina textil de movimiento múltiple y la máquina de vapor—, pero se detuvieron antes de llegar a ellos. Es cierto que faltaba la materia prima de ese período, el hierro colado, pero disponían de todos los medios necesarios para producirlo, teniendo a su alcance el fuelle productor de fuerza. La razón decisiva de que no se consiguiera ese progreso es que faltó motivo para ello. No existía el mercado de bienes manufacturados a gran escala. Los ricos podían permitirse la compra de bienes hechos a mano, y los pobres y los esclavos, en cambio, no podían comprar otra cosa que lo que ellos mismos hacían.[30]

El principio de la química científica

El carácter matemático-mecánico de la ciencia de los griegos, junto con su

[30] * El Profesor Rosenfeld tiene dudas acerca de esta explicación del fracaso de la producción capitalista para desarrollarse en la época clásica. Cree que la causa consiste más bien en la falta de acumulación primitiva. El autor no puede estar de acuerdo con él. Asia pudo haber proporcionado en el siglo III a. C. un tesoro tan grande como las Indias Orientales y Occidentales en el siglo xvi. Para el autor la razón es más bien que en el mundo helenístico no existía prácticamente ninguna de las condiciones que hicieron posible al capitalismo en el siglo xvii. Los pequeños manufactureros a los que podríamos considerar capitalistas, si hubieran existido en Alejandría o en Antioquía, hubieran tenido muy pocas posibilidades bajo un gobierno despótico, pues era mucho más fácil obtener ganancias con los contratos gubernamentales o con el comercio.

desagrado por ocuparse de algo que pudiera manchar sus manos, impidió todo progreso importante en la química, aunque los comienzos de la alquimia y los procesos químicos, clave de la destilación, datan de los primeros tiempos alejandrinos. Si la alquimia, y con ella la química científica, se originó o no en Alejandría sigue siendo una cuestión abierta. Los primeros escritos fidedignos, como los de Zósimo de Panoplis y María la Judía, se inician muy tarde, en los siglos cuarto y quinto de nuestra era. Todas sus teorías pueden estar afectadas por la influencia de la alquimia china. Las conquistas de la química helenística, en la que se basa toda la química moderna, se deben a las mejoras en el soplado del vidrio, necesario para los alambiques y la preparación de materias puras.

Historia natural

Poco puede decirse de las conquistas de los científicos helenísticos, a excepción de los médicos, fuera del campo de las ciencias físicas. El impulso dado por Aristóteles al estudio completo de todos los aspectos del universo no duró más de una generación. Sólo se lograron unos pocos adelantos significativos en el estudio de los animales y las plantas, pese a que en principio se hicieron en libros sobre agricultura práctica.

La medicina helenística: Galeno

Fue en la medicina, incluso más que en la astronomía, donde las condiciones sociales de los períodos helenístico y romano favorecieron la continuidad de la tradición e incluso un limitado progreso. Gobernantes y ciudadanos sanos no podían existir sin los médicos. De hecho, la vida cada vez más malsana que llevaban les hacía depender progresivamente de ellos. El Museo fomentó bastante la investigación anatómica y fisiológica.

Herófilo de Calcedonia (hacia el año 300 a. C.) fue un gran anatomista y fisiólogo que se basaba en la observación y en la experimentación. Fue el primero en comprender el funcionamiento de los nervios y el uso clínico del pulso, distinguiendo también el funcionamiento de los nervios sensoriales y motores. Erasístrato (280 a. C.) llegó más lejos advirtiendo la importancia de las circunvoluciones del cerebro humano. Aunque se han perdido los originales de los mejores trabajos realizados en el primer período alejandrino, su esencia pasó a la tradición y se incorporó a la producción del último de los grandes médicos clásicos, Galeno (130-200 n. e.). Galeno nació en Pérgamo, en el Asia Menor, pero, después de educarse en esa ciudad y en Alejandría, acabó ejerciendo lucrativamente la medicina en Roma. Más tarde se convirtió en la fuente de la medicina y del saber anatómico arábigo y medieval, adquiriendo en su terreno

un prestigio y autoridad tan grandes como Aristóteles en el suyo. Los médicos posteriores, impresionados por la amplitud de sus conocimientos y por su habilidad experimental, vacilaban en enfrentar con las suyas sus propias observaciones. En realidad el sistema de Galeno fue una mezcla de antiguas ideas filosóficas, como la doctrina de los tres espíritus o almas, y agudas, pero a menudo equivocadas, observaciones anatómicas, debido esto último a que se limitaba a la disección de animales. La fisiología galénica, con su flujo y reflujo de espíritus y sangre en las arterias y nervios, con el corazón como órgano del calor y los pulmones como órganos de enfriamiento, sigue estando viva en el lenguaje popular. Fue en gran parte base de la creencia en el pequeño mundo del hombre —el microcosmos— durante más de mil años, al igual que la cosmología de Aristóteles lo fue para el inmenso mundo celeste. Hay que llegar al Renacimiento para encontrar nuevamente un conjunto de observaciones comparable al suyo, contándose entonces con una filosofía mecánica muy superior y superándose así las ideas de Galeno. Hasta qué punto fue completa esta superación lo muestra el hecho de que la primera traducción inglesa de las obras completas de Galeno sólo se ha publicado muy recientemente. '-'

4.8. ROMA Y LA DECADENCIA DE LA CIENCIA CLASICA

A mediados del siglo II a. C. los imperios helenísticos habían caído en la anarquía y experimentaban el impacto del más vigoroso poder de Roma. No hay nada de misterioso en el dominio que logró ésta sobre todo el mundo mediterráneo. Cualquier ciudad nativa que hubiera llegado a ser dominante en Italia habría tenido una enorme ventaja sobre las ciudades-Estado griegas o fenicias y sobre los imperios asiáticos de tipo helenístico, todos los cuales sufrían desde hacía siglos una explotación que les había debilitado política y económicamente. Italia era todavía en el siglo n a. C. un país agrícola, de buen clima y lleno de bosques, precisamente en su primer impulso expansionistas, con una población creciente y sana. Su lento desarrollo inicial había dejado a Roma mucho más cerca de la organización social de clanes que las ciudades de las civilizaciones más antiguas. La República Romana podía contar en sus guerras con el apoyo popular, apoyo que a otras ciudades les faltaba. Armándose repetidamente con las técnicas de sus enemigos más adelantados, los romanos podían ser vencidos en el campo de batalla pero nunca conquistados. El único enemigo serio de Roma fue la república comerciante de Cartago, que podía competir con ella en riqueza pero no en recursos humanos.

Interiormente, Roma había experimentado esencialmente la misma lucha de clases que había atenazado a las ciudades griegas, pero en forma todavía más ruda, expresada en la rivalidad entre patricios y plebeyos por el dominio del Estado. En el siglo I de nuestra era este proceso culminó en una amarga guerra civil que abrió paso a la dictadura militar y más tarde al imperio. En realidad, la adquisición del Imperio fue un medio por el cual los ricos podían comprar a los pobres dándoles una pequeña parte en el saqueo de las provincias. Otro medio fue la política de conceder la ciudadanía romana primero a toda Italia y luego a las demás provincias, convirtiendo así lo que originalmente era una ciudad-Estado en un Estado territorial dominado por los propietarios de esclavos y los mercaderes ricos. Uno a uno fueron cayendo en manos de los romanos los Estados orientales y occidentales del Mediterráneo, abriéndose al mismo tiempo el camino hacia los territorios bárbaros de la Galia, la Britania, la Germania occidental y Austria. Resultado de todo ello fue la formación de un nuevo gran imperio que ocupaba toda la región mediterránea y que compartía con Persia, recientemente liberada, los reinos helenísticos.

El aglutinante del Imperio lo constituía el ejército que lo había conquistado y que, después de la época de Augusto, lo defendería de los bárbaros con éxito decreciente. El emperador, como comandante en jefe, conseguía generalmente imponerse y recaudar tributos suficientes para evitar que sus soldados se

amotinaran y eligieran otro emperador. El Imperio fue en realidad una amplia federación de ciudades que se administraban por sí mismas y se beneficiaban para el comercio recíproco de la Pax Romana interna. Las mejores tierras de las regiones agrícolas eran cultivadas por cuadrillas de esclavos de las ciudades ricas. Las regiones pobres —los *pagi* o comunas rurales— se abandonaron a los naturales —los *paganos*— que mantenían en gran parte sus propias costumbres tribales (se convirtieron más tarde en los campesinos de la Edad Media y dieron su nombre al territorio o *país),* a los *coloni* recientemente establecidos y a los libertos de las *villas,* que gradualmente se convirtieron en siervos —*villani o* villanos—.

La extensión del Imperio Romano tuvo sobre la cultura una influencia muy diferente a la de las conquistas de Alejandro. En el momento en que los romanos entraron en escena, el gran impulso de la civilización griega se había detenido ya. El arte y la ciencia eran ya decadentes. También en otro sentido los romanos alcanzaron la civilización griega demasiado tarde: su propio sistema económico, basado en los patricios ricos y en su clientela, estaba ya demasiado consolidado para hacer un uso efectivo de la ciencia. Por lo demás, la clase alta romana, que era la única que contaba en la época de la constitución del Imperio, pese a adoptar los adornos de la civilización griega, en realidad la despreciaba. Ni ellos ni los pobladores de las nuevas provincias occidentales le añadieron nada significativo. Su mayor contribución consistió en tomar algunas de las ideas generales de la filosofía griega y utilizarlas para consolidar su propia forma de dominación de clase. Catón el Viejo, un propietario rural del siglo II a. C., odiaba la ciencia griega y no se molestaba en ocultarlo. Según él, los médicos griegos habían envenenado a los romanos y los filósofos los habían corrompido. Cicerón, eminente jurista del siglo siguiente, adoptó un punto de vista mucho más ilustrado. Cicerón creía que había mucho que alabar en la filosofía de Platón y Aristóteles, pues justificaba el dominio de la clase alta, pero sospechaba, en cambio, que el epicureísmo que estaba introduciendo su compatriota Lucrecio podía apartar al pueblo de la fe en los dioses, y de ahí en el orden establecido. Sin embargo, la filosofía más de moda, sobre todo en la época del Imperio, fue el estoicismo. Pese a que el estoicismo había sido al principio una filosofía de la resistencia, algo así como el primitivo existencialismo, su énfasis en la virtud por sí misma daba a los administradores romanos, e incluso ocasionalmente a un emperador como Marco Aurelio, un sentido de sacrificio por el bien público sin idea de recompensa. Séneca, el más distinguido de los estoicos romanos y tutor de Nerón, el emperador artista, no veía nada malo en la acumulación de una gran fortuna, considerándolo sin duda un deber sagrado.

Es frecuente atribuir al espíritu práctico de los romanos la acentuada decadencia científica que se produjo en la época de los primeros emperadores. Pero seguramente es más probable que las causas de esa decadencia sean

mucho más profundas: residen en la crisis general de la sociedad clásica, derivada de la acumulación del poder en manos de unos pocos hombres ricos (no importa que estuvieran en Alejandría o en Roma), del embrutecimiento general de una población de esclavos y de lo que podríamos llamar, siguiendo analogías más recientes, «pobres blancos». El empobrecimiento hizo descender la demanda de bienes, lo cual empeoró aún más la condición de mercaderes y artesanos. En semejante ambiente no existía incentivo alguno para la ciencia, que continuó practicándose por inercia aunque muy pronto perdió su esencial cualidad de indagar en la Naturaleza y producir nuevos objetos.

Las obras públicas y el comercio

Sin embargo, durante varios siglos la aplicación del saber existente podía realizarse más extensamente o a mayor escala que antes. No sólo pudieron construirse gigantescas obras públicas como calzadas, puertos, acueductos, baños y teatros, sino que incluso podía florecer un comercio sin restricciones y era posible intercambiar libremente productos procedentes de todos los rincones del Imperio. Esto condujo, para artículos como los objetos de alfarería, a lo que era prácticamente una producción fabril de artículos de serie. Sin embargo, al existir abundancia de trabajo esclavo y un mercado restringido a las clases acomodadas, los manufactureros no contaban con aliciente alguno para dar el siguiente paso e introducir maquinaria, de modo que no se suscitaron nunca las condiciones para el desarrollo de una revolución industrial.

La arquitectura

Las dos contribuciones características de la técnica romana fueron la arquitectura y la agricultura. La construcción de acueductos, anfiteatros y grandes basílicas exigía el desarrollo del arco y de la bóveda arqueada —hecha posible por el abundante empleo de ladrillo cocido y de un cemento compuesto de limo y cenizas volcánicas—. A pesar de sus impresionantes volúmenes la arquitectura romana muestra menos sentido de la explotación de las posibilidades del arco y de la bóveda que el gótico medieval. Sólo en sus etapas finales —y aún en Constantinopla — llegó a desarrollarse, a partir de los modelos persas, la construcción realmente ingeniosa de la cúpula apoyada en saledizos.

La agricultura difícilmente podía convertirse en ciencia antes de que se superaran en mucho los conocimientos biológicos de los antiguos. En realidad, incluso ahora difícilmente es una ciencia. Los escritos sobre agricultura de los romanos, de los cuales el mejor conocido es las *Geórgicas* del poeta Virgilio, se limitan necesariamente a describir la práctica del campesino junto con algunos

sombríos recuerdos de la administración agrícola basada en el trabajo esclavo. No dejan de ser interesantes al mostrar cómo, especialmente en los cultivos vegetales y frutales, la mayoría de las técnicas actuales eran ya entonces bien conocidas y puestas en práctica. Por otra parte, la falta de arneses y arados apropiados para los caballos puso un límite al tipo de tierra cultivable.

El derecho y la administración

Una gran contribución positiva de los romanos a la civilización que puede encontrarse en cualquier libro de historia consiste en su creación de un cuerpo jurídico. El derecho romano no es otra cosa que un intento científico de afianzar el trato limpio en las relaciones entre hombre y hombre. Se ocupa declaradamente de la preservación de la propiedad de quienes han tenido la fortuna de adquirirla. Contiene, como Vico mostró por primera vez, huellas de tres estratos superpuestos de historia cultural. El primero consiste en la vieja costumbre tribal, que evoluciona desde un estadio matriarcal a otro patriarcal más severo, según la influencia de la monopolización de la propiedad mueble en ganado *(pecunia).* Se trata del celebrado sistema *familiar* romano, en que el paterfamilias gobierna despóticamente sobre su mujer, sus hijos y sus *famuli o* esclavos. A continuación se advierte la huella del derecho urbano y mercantil, resultado de las largas luchas económicas y políticas de la República, con su acento en el pago y el cobro de las deudas. Finalmente vemos los efectos de la administración imperial con el reconocimiento de la *prerogative* del príncipe. En su forma final y codificada, realizada bajo Justiniano al final del Imperio, en el siglo VI, se advierte la influencia de la severa filosofía estoica que, al igual que el confucionismo en China, se había convertido en la segunda naturaleza de los funcionarios romanos. En el derecho romano se puede aprender mucha historia social, pero en cambio sólo aportó a la ciencia el concepto de un *derecho natural* universal. El derecho romano, esencialmente inaplicable para la economía totalmente distinta del período feudal, revivió en el Renacimiento, con el aura de la grandeza del Imperio, como código básico del capitalismo.

Decadencia y caída

En los últimos días del Imperio, a partir de la época de Adriano (117-138), la economía en su conjunto empezó a quebrantarse. El ejército, que había sido la gran fuente de riqueza en esclavos y en saqueos, se convirtió en una carga creciente pero necesaria, pues ya no se conquistaban nuevas tierras y el Imperio

encontraba cada vez más difícil su propia defensa.[31] Los intentos de reforma sólo consiguieron empeorar

*

las cosas. La economía dineraria estaba minada por la inflación, abriendo paso al trueque basado en el intercambio de bienes generalmente producidos y consumidos localmente. Las *villas,* en las que se refugiaron los ricos para eludir los impuestos, se convirtieron en centros de producción local y sustituyeron gradualmente a las viejas ciudades como centros económicos, de modo que el comercio se limitó cada vez más a los artículos de lujo. Se trataba solamente de los últimos síntomas de una enfermedad inherente a la sociedad clasista del mundo antiguo. No había modo de escapar a la explotación, salvo al precio de una quiebra total.

Decadencia económica e intelectual

La civilización clásica estaba ya intrínsecamente condenada hacia el siglo III a. C., si no antes. Para la ciencia fue trágico que tardara tanto tiempo en morir, pues durante ese período se perdió mucho de lo que se había conquistado. El saber que no se utiliza para alcanzar un conocimiento ulterior no se conserva, sino que decae y desaparece. Al principio los volúmenes enmohecen en las estanterías porque son muy pocos los que los necesitan o quieren leerlos; en seguida nadie es capaz de comprenderlos y finalmente, como fue el destino legendario de la gran Biblioteca de Alejandría, sus restos son quemados para calentar el agua de los baños públicos o desaparecen de muchas otras formas.

El misticismo y la religión organizada

El pensamiento no se detuvo con la desaparición de la ciencia natural; se

---

[31] * El profesor E. A. Thomson llama la atención sobre lo que dice el anónimo autor del siglo IV del *De rebus bellicis* al atribuir la visible decadencia de su época a que Constantino se hubiera apoderado de los tesoros de los templos para distribuirlos al Ejército y no a la Iglesia. El dinero pronto fue a parar a manos de comerciantes y financieros produciendo la inflación y el desequilibrio social. Estas consecuencias, que fueron bastante duraderas, fueron un resultado inesperado del triunfo del cristianismo.

limitó a volverse una vez más hacia el misticismo y la religión. Aunque el impulso emocional hacia el misticismo es el deseo de escapar a este perverso mundo, también tiene un fundamento intelectual muy elaborado filosóficamente, derivado de Platón en la época de la decadencia de la ciudad-Estado democrática. Las escuelas posteriores, especialmente el estoicismo y el neoplatonismo, desarrollaron el aspecto místico del idealismo de Platón abandonando el lado matemático, salvo en la forma de una numerología cabalística abundante en cuadrados mágicos y números místicos. A partir del siglo I el misticismo filosófico se fundió con el de las religiones de la salvación, de las cuales el cristianismo fue la que más éxito obtuvo. Su característica intelectual común fue la confianza en la *inspiración* y en la *revelación* como fuente de una *verdad superior* a los *sentidos* e incluso a la *razón.* Como decía Tertuliano, «creo *porque* es absurdo».

El nacimiento de estas religiones fue un síntoma de la desesperación del esclavo e incluso del ciudadano ante un sistema que le oprimía y del que parecía imposible escapar. Cabía elegir entre hacer denuncias casi revolucionarias del sistema, como las que se encuentran en el Apocalipsis, incitando a la resistencia al culto oficial, o retirarse a un desierto para evitar la contaminación con el mal de este mundo. Para la persona religiosa no sólo es abominable la idolatría sino también todo lo relacionado con el odioso Estado de las clases superiores; el lujo, el arte, la filosofía y la ciencia son otros tantos jalones en el camino del infierno. Agustín y Ambrosio, trocando el perverso saber por el santo sin sentido, tuvieron tanto que ver en el movimiento como la turba que conducida por los monjes apedreó a Hypatia, una de las últimas matemáticas griegas. Sólo cuando el viejo mundo clásico quedó totalmente destrozado, como en Occidente, o sometido, como en Oriente, pudo permitir la Iglesia, y aun entonces sólo muy gradual y renuentemente, una ciencia secular limitada. De esto se hablará en el próximo capítulo, cuando se dibuje el nacimiento de las nuevas civilizaciones que se sucedieron a partir de la decadencia del mundo clásico. También se hablará ahí del cristianismo que, pese a haber nacido fuera de la civilización clásica, fue un producto de la oposición popular a todo lo que ésta había establecido, perteneciendo propiamente al estadio siguiente de la sociedad. Pese a su oposición a la cultura clásica sería absurdo atribuir al cristianismo su decadencia y su caída. El cristianismo fue más bien un síntoma que una causa. El misticismo, el absurdo, la confusión y la decadencia de los últimos tiempos clásicos fueron producto del colapso social y económico del plutocrático Estado esclavista. En el sentido de Aristóteles, había ido demasiado lejos en su corrupción; según la expresión china, había agotado el mandato del cielo. Aunque el dominio en Constantinopla de los nominalmente emperadores romanos perduró aún otros mil años, ese imperio pertenecía ya a una nueva época.

Los bárbaros

Las últimas fases del derrumbamiento de la civilización clásica adoptaron diferente forma en las regiones más antiguas, civilizadas y helenizadas al este del Imperio, y en las occidentales, conquistas relativamente en fecha más reciente, donde la vida urbana era una importación extranjera y la vida rural seguía siendo pagana en general. Oriente absorbió a los bárbaros. La vida urbana nunca dejó de existir y pasó, casi sin discontinuidad, a manos de los califas del Islam y a las de los emperadores bizantinos, más griegos que romanos. La nueva estructura de los Estados no era idéntica a la antigua, pero se conservaron el comercio, la cultura y la enseñanza, que revivieron brillantemente.

En Occidente se produjo, en cambio, una especie de colapso económico general del que sacaron partido los bárbaros. Los bárbaros, por sí mismos, no fueron responsables de la bancarrota económica. Lejos de invadir el Imperio, al principio fueron introducidos en él como mercenarios, esclavos o siervos, generalmente para superar la escasez de trabajadores que la criminal explotación de terratenientes y recaudadores de tributos romanos había producido ya con anterioridad. Además, la técnica romana no había progresado gran cosa en el terreno de la producción de alimentos en las tierras llenas de bosques del norte y del este. Parece fuera de duda el hecho de que los bárbaros poseían mejores técnicas agrícolas que los romanos a quienes sustituían. Al menos eran capaces de cultivar las fértiles y sólidas tierras de la Europa occidental que los romanos despreciaban. En las Islas Británicas, por ejemplo, los predios romanos cubrían solamente una parte de la tierra ocupada y efectivamente cultivada por los paganos sajones.[32]

Pérdida de organización y de técnica

Lo que se perdió con las invasiones bárbaras de la Europa occidental fue toda

---

[32] * Esto se consiguió por el uso del arado pesado, tirado por ocho bueyes, de origen celta o teutón, que era una modificación del arado original o simétrico, eliminando una de las *orejas* para esparcir la tierra por detrás del arado, retorciendo la otra para hacer un *vertedero* y añadiendo al mango del arado una *reja* para abrir la tierra y una pata para que esta reja no hiciera los surcos demasiado profundos. Esta última fue pronto sustituida por un par de ruedas, y de ahí el término francés de *charrue,* que connota una carreta. Pero la principal característica es la acción de cortar la tierra y voltearla por encima del *surco.* Como era difícil dar la vuelta al arado se impusieron los campos de cultivo alargados en vez de los campos cuadrados en los que se hacían surcos cruzados con el arado ligero. Este invento de capital importancia parece ser auténticamente bárbaro; en Dinamarca se ha encontrado un ejemplar del siglo III a. C.

la cultura que dependía de una organización material a gran escala. Puentes, calzadas, acueductos, canales de riego, todo entraba en decadencia y en gran parte desaparecía. Así ocurrió con la distribución de bienes producidos a gran escala, como los productos de cerámica, por unas pocas fábricas centrales. Las únicas técnicas aguzadas que pudieron sobrevivir y florecer fueron las que producían artículos transportables de metal de trabajo delicado para instrumentos y armas. Con la desaparición de una clase culta de ciudadanos ricos y de quienes de ellos dependían, en las ciudades, poca cosa quedó de la tradición filosófica y difícilmente algo de la ciencia. Los últimos sabios clásicos se refugiaron en la Iglesia, como Gregorio de Tours o Paulino de Ñola, o bien, como Boecio, se convirtieron en funcionarios de reyes bárbaros, o se retiraron a sus posesiones, como Ausonio (aprox. 310-395). Pese a todo, en Europa quedaron bastantes cosas de la cultura clásica que permitirían su renacimiento, purgada de muchas de sus limitaciones de los últimos tiempos del Imperio. En Venecia, Salerno y hasta en la remota Irlanda existían fuentes de las que brotaría la fresca y original cultura medieval, que se uniría, en el siglo XII, con la fuente principal conservada a través del Oriente Islámico.

4.9. EL LEGADO DEL MUNDO CLASICO

Este libro trata de la influencia de la ciencia en la historia y particularmente de la de la ciencia natural del mundo clásico en la vida de su tiempo y en épocas posteriores. Este capítulo debe servir para apuntar algo de lo que significó la ciencia y de cómo afectó a la vida de la ciudad griega. Nos deslumbramos tan fácilmente por el brillo artístico e intelectual de los griegos que resulta difícil comprobar que sus conocimientos y su pericia han afectado más a las apariencias que a las realidades prácticas y materiales de la vida. La belleza de las ciudades griegas, de los templos, estatuas y vasos, el refinamiento de su lógica, su matemática y su filosofía, nos ciegan ante el hecho de que a la caída del Imperio romano el modo de vida de mucha gente en los países civilizados era muy semejante al que había sido 2.000 años antes, cuando se detuvo la antigua civilización de la Edad del Bronce. La agricultura, el alimento, el vestido, las casas, no habían mejorado mucho. A excepción de algunas mejoras en la irrigación y en los caminos y de unos pocos estilos en la arquitectura monumental y en el diseño de las ciudades, la ciencia griega encontró escasa aplicación. No debe sorprendernos; en primer lugar, porque los ciudadanos acomodados no habían desarrollado la ciencia a este objeto, que despreciaban, y, en segundo lugar, porque incluso con la mejor voluntad del mundo la ciencia que habían adquirido era demasiado limitada y cualitativa para tener un empleo práctico apreciable. Por elegantes y completas que fueran las matemáticas griegas sólo podían aplicarse a unas pocas finalidades prácticas al faltar ya la física experimental, ya una mecánica precisa. El principal fruto de la magnífica astronomía griega fue, aparte de las predicciones astrológicas, un buen calendario y unos cuantos mapas de mediano valor. La gran nodriza de la astronomía aplicada, el arte de la navegación, difícilmente podía existir a falta de embarcaciones o de alicientes para navegar por el océano sin rutas fijas.

Las restantes ciencias naturales difícilmente fueron algo más que catálogos discursivos —como la *Historia Natural* de Plinio el Viejo— de las observaciones comunes de los herreros, cocineros, agricultores, pescadores y médicos. La ciencia intervenía sólo para imponer teorías ingenuas o místicas, basadas en los elementos o en los humores, que confundían o desviaban la comprensión de la naturaleza. Las consecuencias de las ciencias sociales de los griegos fueron más directas, pero precisamente se referían a las condiciones de la ciudad-Estado y se hacían inaplicables al cambiar éstas. Las técnicas, en contraposición a las ciencias, se conservaron mucho mejor y se perdieron menos. En realidad, salvo cuando dependían de los planos a escala, como la construcción de calzadas y acueductos, se transmitieron sin cambios esenciales, aunque, al menos en Occidente, su expresión fue simplificada y degradada.

Las amplias posibilidades de la cultura clásica no podían realizarse en la estructura de la civilización que la había hecho nacer. Quedaba bloqueada constantemente por las limitaciones sociales y económicas inherentes, como hemos visto, a la plutocracia esclavista. La contribución real de la ciencia griega se daría en el futuro, aunque sólo sería posible en la medida en que los elementos germinales de la cultura clásica pudieran ser conservados y transmitidos. Afortunadamente, aunque la cultura clásica no pudo salvarse, tuvo prestigio suficiente para asegurar que al menos algunas de sus conquistas jamás fueran olvidadas, convirtiéndose más tarde en la base de un nuevo desarrollo.

Lo que ocurrió en el período de la dominación helenística y romana fue que la civilización se extendió por todas partes desde el Atlántico hasta el Hindu-Kush. El prestigio obtenido por la amplitud del poder y de la cultura de esos grandes imperios sobrevivió a su derrumbamiento político. Este prestigio sirvió, incluso después de haber cesado su impulso original, para difundir en un amplio territorio las ideas, métodos, estilos y técnicas del helenismo. Su influencia se manifestó en Oriente, Asia Central, China y la India mezclada con la de las viejas culturas nativas; en Occidente, el prestigio del saber perdido sirvió para domeñar a los bárbaros de Europa.

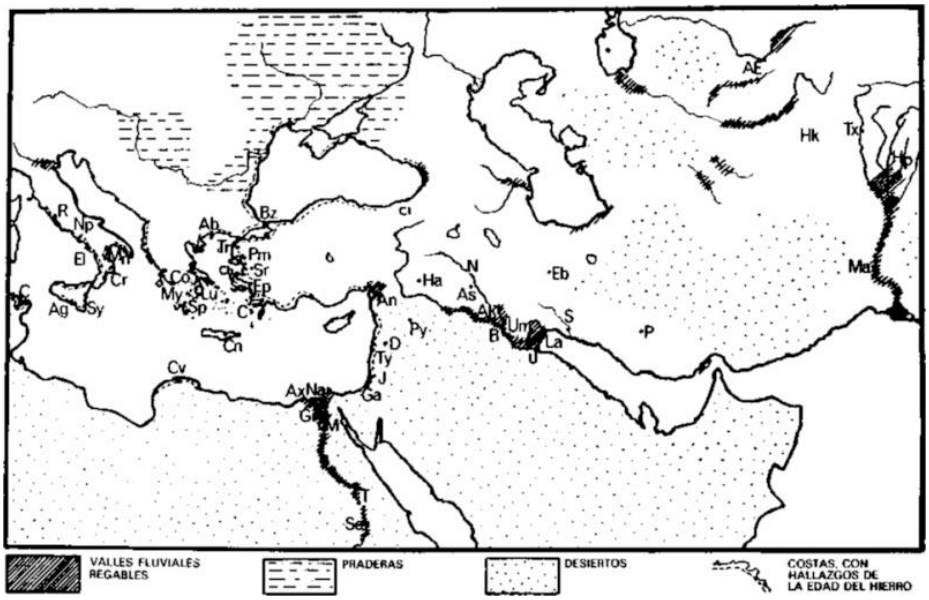
En realidad, tal vez lo más importante de lo que ha podido salvarse de la Era Clásica sea la idea misma de Ciencia Natural. Como muestran las leyendas, perduró la creencia de que los antiguos habían adquirido por medio de sus profundos estudios un conocimiento tan grande de la Naturaleza que les permitía dominarla. Alejandro, instruido por Aristóteles, tuvo un submarino y podía volar por el aire en un carro arrastrado por águilas. De los elementos reales de la cultura clásica, la ciencia, especialmente la astronomía y la matemática, mostró ser lo más duradero. Como ambas eran necesarias para dibujar planos de los cielos, aunque sólo fuera para las predicciones astrológicas, tenían que ser manejadas y practicadas. Buena parte de las otras ciencias se conservaron en libros, que serían redescubiertos a intervalos por los árabes y por los humanistas del Renacimiento. Nunca sabremos cuán grande fue lo que se perdió irremisiblemente, pero es mucho lo que ha sido útil para guiar y estimular el pensamiento y la práctica de las épocas posteriores. En realidad es tanto lo que ha sido redescubierto e imitado en los últimos 500 años que hemos incorporado efectivamente el mundo clásico a nuestra civilización, sobre todo, de manera más consciente o fructífera, en la tecnología y en la ciencia.

MAPA 1.

Los comienzos de la civilización

Este mapa muestra las principales áreas, a excepción de las llanuras chinas, en donde existen pruebas del origen de la agricultura y de la edificación de ciudades. La mayor parte de esas regiones, a excepción de los desiertos y las altas montañas, consistió originalmente en llanuras abiertas cubiertas de pastos, donde podía tomar forma la cultura pastoril; en llanuras de aluvión y deltas de los ríos, donde parece que estuvieron localizadas las primeras ciudades, y en regiones costeras exploradas durante la Edad del Hierro. Se indica también la localización de las principales ciudades de las Edades del Bronce y del Hierro.

MAPA 1
Los comienzos de la civilización

Ab—Abdera
Ag—Agrigento
Ak—Akkad
Ax—Alejandría
AE —Alejandría Ecatia
An—Antioquía
As—Asur
A—Atenas
B—Babilonia
Bz—Bizancio
C—Cartago
Cl —Calibes
Ch—Quíos
Cn—Cnossos
Co—Corinto
C'—Cos
Cr—Crotona
Cv—Cirene
D —Damasco
Eb—Ecbatana
El—Elea
Ep—Efeso
Ga—Gaza
Gi—Giza
Hp—Harappa
Ha—Harrán
Hk—Hindukush
J—Jerusalén
La—Lagash
Lu—Laurion
Mi—Menfis
Mn—Metaponto
Ma—Mohenjo-daru
My—Micenas
Np—Nápoles
Na—Naucratis
N—Nínive
Py— Palmira
Pm—Pérgamo
P—Persépolis
P.—Roma
S—Samos
Sr—Sardes
Sp—Esparta
S—Susa
Sy—Siracusa
Se—Syene
T—Tebas
Tr—Troya
Tx— Taxila
Ty—Tiro
Um—Umma
U —Ur.

LA EDAD DEL HIERRO: LA CULTURA CLÁSICA. Mapa 1