

«¿Has calculado las anchuras de la Tierra? Cuenta, si es que sabes, todo esto.»

JOB 38, 18

La imagen desplegada por una revisión general de la antigua ciencia griega es la característica del nacimiento y muerte de un organismo vivo. Somos testigos del período de germinación en los siglos sexto y quinto, con la aparición de la escuela milesia, el trabajo de Pitágoras y sus primeros discípulos, y las enseñanzas de Empédocles y Anaxágoras. Esta semilla dio su fruto en el período que va de Leucipo y Demócrito y la escuela pitagórica tardía en la segunda mitad del siglo quinto, a la muerte de Arquímedes a finales del siglo tercero. En el siglo segundo, después de Hiparco, el ritmo de creación se ralentiza perceptiblemente y comienza el largo declinar de la capacidad creativa. Su lugar es ocupado por la actividad de compiladores y comentaristas, empezando en los primeros siglos de la era cristiana y extendiéndose hasta el eclipse final de la cultura clásica. Todo el proceso abarca un período bastante dilatado: unos ochocientos años, si lo contamos de Tales a Ptolomeo, y más de mil si lo alargamos hasta los tiempos de los últimos comentaristas. En la presente revista del cosmos griego no se ha incluido el mundo de la vida orgánica. Pero aun cuando se incluyese a la biología, no habría dudas de que la principal contribución de los griegos a la herencia humana tuvo lugar en la esfera de la astronomía y las matemáticas, especialmente la geometría. En las demás ciencias físicas no hay logros proporcionales al vigor de la primera explosión de la actividad científica y al tiempo

que duró esa actividad. Son en verdad muy pocas las leyes cuantitativas que se formularon en todas las ramas de la física «terrestre»: si se mencionan las leyes de la armonía musical de Pitágoras, las leyes de la palanca de Arquímedes, y alguna de las leyes de geometría óptica de Herón, las habremos mencionado prácticamente todas. De manera parecida, se hicieron pocos progresos en dinámica. Aun no deseando menospreciar los logros de Aristóteles en esta esfera, debemos recordar que el conjunto de su doctrina es sólo parcialmente cuantitativa y tras él, el único nombre que puede mencionarse es el de Herón, quien formuló las leyes del paralelogramo de las velocidades. El importante trabajo de Arquímedes en hidrostática y sobre el centro de gravedad es de naturaleza estático, lo mismo que su ley de la palanca. Hombre con hombre con la ausencia de formulaciones cuantitativas, choca la carencia de instrumentos de medida precisos, y el lento desarrollo de máquinas simples. Esto nos lleva a uno de los fenómenos más extraños e intrigantes de la historia —la ausencia de tecnología en la Antigua Grecia. En el mundo moderno hemos crecido tan acostumbrados a ver la ciencia y el progreso tecnológico como inseparables, que no podemos entender cómo la nación que mediante el descubrimiento del método científico pavimentó la ruta de la ciencia moderna, no consiguió desarrollar ni siquiera una iniciativa en la esfera técnica. Puede decirse que el lento progreso alcanzado por la ciencia griega —excepción hecha de la astronomía— contradice completamente la grandeza de su visión e ímpetu original, y que sus pocas contribuciones técnicas están muy lejos de sus logros científicos.

No podemos discutir estas cuestiones sin hacer referencia a la sociología y psicología, y, finalmente, sin entrar en consideraciones históricas que caen más en el campo de una historia amplia de la cultura que en el más reducido de la historia de la ciencia. Pese a que en fechas recientes un cierto número de valiosos trabajos de investigación han ayudado a clarificar la cuestión, difícilmente podríamos considerarla resuelta o proporcionar una respuesta completamente satisfactoria. En el curso de esta investigación es de suma ayuda el comparar el período griego con el nuestro, incluso en temas singulares. Comenzaremos por ellos.

Uno de los factores que retardaron el progreso de la ciencia griega fue indudablemente el aislamiento del hombre de ciencia que de vez en cuando quebró la cadena de la evolución, aislamiento que

también parece haber sido un hecho a comienzos del período moderno; sólo un pequeñísimo puñado de hombres mostraron un inteligente interés por la obra de Copérnico y le prestaron apoyo. Algo muy semejante ocurrió con Tycho Brahe y Kepler y, sin embargo, hay una diferencia fundamental: los científicos modernos se vieron favorecidos por la existencia de universidades y el clima general del conocimiento en Europa. Ambos, junto con la difusión de la imprenta, conduciría al inicio de la organización de la ciencia hacia mediados del siglo diecisiete, con la fundación de las primeras academias en Italia, Francia e Inglaterra. Podría uno preguntarse si la Academia de Platón y las demás escuelas filosóficas no cumplieron una función similar en la antigüedad, pero aunque es cierto que esas instituciones también prestaron atención a las ciencias naturales y a las matemáticas, fueron estudiadas como parte de la doctrina específica de cada escuela filosófica y tuvieron una importancia secundaria dentro de la enseñanza filosófica efectiva. No hubo, por tanto, una atmósfera uniforme en que pudiera florecer una tradición constante de progreso científico. Esto nos conduce a otro aspecto que debe ser tenido en consideración. La ciencia griega, al igual que la moderna, tienen su origen en un distanciamiento revolucionario de sus predecesores: La escuela milesia opuso el logos al mitos, mientras Galileo y los investigadores del siglo diecisiete liberaron la ciencia del encorsetamiento de la Iglesia e hicieron de ella una esfera de pensamiento independiente. La diferencia fundamental entre ambos procesos históricos radica en que, mientras el primero *ató* la ciencia a la filosofía, el último desató los lazos que las mantenían juntas. Cuando la ciencia moderna volvió la espalda a la filosofía escolástica y a la filosofía de Aristóteles, simultáneamente la volvió a toda filosofía. Galileo y sus discípulos, la Royal Society de Londres, Newton y Huyghens en Holanda, todos los fundadores de la ciencia del diecisiete, fueron investigadores de la naturaleza, no filósofos. Tras Descartes y Leibniz no hubo ya filósofos que contribuyeran con algo de importancia a las ciencias exactas. Ese fue el desvío de los caminos. Hoy el ocasional contacto entre filósofos y científicos adquiere la forma de la discusión epistemológica restringida al significado de los logros de la ciencia y no afecta a sus métodos.

Por el contrario, en la antigüedad fue la filosofía griega la que produjo la transición de la mitología al pensamiento racional. Ciertamente es que al principio el problema central para esta filosofía fue el ex-

plicar los fenómenos naturales mediante causas racionales, pero ese objetivo rápidamente se fusionó con el impulso más amplio hacia la investigación sistemática de las distintas formas de conocimiento, la naturaleza fundamental de la realidad y el lugar del hombre en el mundo. Ese es el camino por el que se convirtieron en centros de investigación científica las escuelas filosóficas. Sólo después de Aristóteles, en el período helenístico, surgieron científicos profesionales en el sentido moderno, grandes investigadores, matemáticos y astrónomos tales como Euclides y Arquímedes, Aristarco y Apolonio de Pérgamo, Eratóstenes e Hiparco. Pero aún así, la ciencia griega se vio todavía ensombrecida por la filosofía, y ello por dos razones: en primer lugar, por la tremenda influencia educativa de Platón, quien fuera la inspiración de la investigación astronómica y matemática; y en segundo lugar, como resultado de la sistematización enciclopédica de Aristóteles y la gran influencia de la escuela estoica en los siglos sucesivos.

Puesto que la cuestión central en filosofía es «¿Por qué?» y el «¿Cómo?» está subordinado a ella, esa larga asociación de la filosofía con las ciencias naturales fue perjudicial para el progreso de estas últimas. La lógica y la deducción fueron más importantes que la inducción y la experiencia, y la visión teleológica de la naturaleza impidió el incremento del conocimiento físico. La historia de la ciencia moderna nos ha enseñado cuán importante para la comprensión de la naturaleza puede ser la selección adecuada de los, a veces, aparentemente insignificantes fenómenos, de entre la masa enorme de los existentes, así como la incesante observación de sus menores detalles. Dos conocidos ejemplos de ello en el siglo diecisiete son el descubrimiento galileano de las leyes que gobiernan la caída de los cuerpos y la explicación newtoniana de la descomposición espectral de la luz. El enfoque filosófico no favorece ese tipo de razonamiento de lo particular a lo general: los problemas fundamentales de la filosofía son esencialmente generales y construye sus sistemas por integración antes que por diferenciación. He aquí la paradoja: la filosofía realizó la tarea histórica de proporcionar una actitud científica al estudio de la naturaleza, pero al mismo tiempo, fue uno de los factores que dificultaron un desarrollo ventajoso de dicho estudio.

Ahora debemos considerar influencias más ponderables. El problema de los logros técnicos griegos —o más bien de la ausencia de tales logros— ha recibido mucha atención y se ha propuesto todo

tipo de explicaciones. En comparación con los pueblos del Este, especialmente Egipto, no podemos hallar durante el período griego ningún progreso tecnológico digno de hacerse notar. Los egipcios desarrollaron, a lo largo de miles de años, sistemas de construcción con piedra a una escala nunca igualada; al mismo tiempo perfeccionaron los métodos de resolución de los problemas incidentales implicados en ese trabajo, como la extracción de las canteras, el transporte y la elevación de enormes piedras, la erección de pilares y gigantes obeliscos cuyos detalles han tenido en jaque las mentes de ingenieros e historiadores en los últimos siglos. Esos magníficos métodos ensombrecen completamente los logros griegos en la construcción, e incluso los de los romanos después. Las exigencias de la edificación condujeron a la invención de máquinas basadas en los principios fundamentales de la mecánica (la palanca, el plano inclinado y otros útiles destinados a reducir el esfuerzo en función de la distancia atravesada).

De entre todas las consecuciones de los egipcios, podríamos mencionar su técnica minera que les permitió la explotación a grandes profundidades, y sus nuevos métodos en metalurgia. La esclavitud no dificultó esos desarrollos técnicos, antes bien, la cuestión de cómo emplear mejor grandes masas de hombres en grandes empresas técnicas, planteó nuevos problemas técnicos y organizativos que fueron resueltos con sumo éxito por los egipcios, como podemos comprobar tanto por los resultados como por las diversas descripciones proporcionadas por los organizadores mismos. Ese progreso técnico refuta la idea de que la existencia de la esclavitud en la antigua Grecia fue la razón decisiva de la ausencia de desarrollo tecnológico. Los críticos de esa idea han subrayado correctamente que está basada en una estimación exagerada del papel económico de la posesión de esclavos, al tiempo que conceden que hay aquí un factor psicológico en juego: el desprecio hacia los esclavos implicaba también el desprecio hacia lo que los esclavos hacían, a saber, el trabajo manual. La mentalidad griega era, básicamente, *aristocrática*. Al juzgar el trabajo manual de acuerdo con el estatus social del esclavo que lo realizaba, el griego llegó a desecharlo como impropio del destino espiritual del hombre. Platón dice: «¿Por qué es desacreditado el laborioso trabajo mecánico como denigrante? ¿Acaso no es simplemente porque lo más elevado de la naturaleza del hombre es tan débil por naturaleza que no puede controlar las partes animales?» [129]. Y

Aristóteles dice en su *Metafísica*: «Así pues, también pensamos que los maestros de cada arte son más honorables, conocen en un sentido más verdadero y son más sabios que los trabajadores manuales porque conocen las causas de las cosas que son hechas, mientras pensamos de éstos que son como algunos objetos inanimados que actúan de hecho, pero sin saber lo que hacen (mas así como los objetos inanimados desempeñan sus funciones por una tendencia natural, los trabajadores lo hacen por hábito)» [167]. Hábito es la irreflexiva adquisición de experiencia. Por tanto, el artista o capataz que es capaz de impartir sus conocimientos a otros es superior a los trabajadores.

Continuando con el mismo pasaje podemos ver la conexión entre el desprecio griego hacia el trabajo manual y su rechazo de la aplicación práctica de la ciencia. La admiración mostrada hacia los buenos artistas —sostiene Aristóteles— no se debe a su invención de algo útil, sino a su saber y talento únicos. «Pero conforme fueron inventadas más artes y unas se orientaron hacia las necesidades de la vida, otras hacia la recreación, los inventores de las últimas fueron siempre naturalmente considerados más sabios que los inventores de las primeras, porque sus ramas del conocimiento no se dirigen a la utilidad» [167]. La filosofía de la historia de Aristóteles muestra también esa mentalidad aristocrática: «De ahí que una vez que todas esas invenciones hubieran sido establecidas, las ciencias, que no aspiran a proporcionar placer o a las necesidades de la vida, fuesen inventadas, y lo fueran en primer lugar en aquellos lugares en que los hombres comenzaran antes a disponer de ocio. Esta es la razón por la que las artes matemáticas fueron fundadas en Egipto, porque allí la casta sacerdotal consiguió estar ociosa» [167].

El proceso de pensamiento es suficientemente claro. El trabajo sin estudio carece de valor, mientras que el estudio por sí mismo es el más elevado de los niveles de la actividad espiritual, superior a la combinación de estudio con cualquier propósito práctico. El valor de la ciencia se reduce cuando se convierte en un medio para un fin. La comparación que Aristóteles hace entre los diversos tipos de ciencia y el estatus social de un hombre, es de lo más instructivo: «Pero del mismo modo que, decimos, un hombre es libre cuando vive para sí y no en beneficio de otro, así nosotros nos entregamos a ésta como la única ciencia libre, pues sólo ella existe para sí misma» [168].

Por añadidura a todas las explicaciones ya dadas de esa preferencia de la ciencia teórica a la práctica —es decir, a las ciencias ex-

perimental y técnica—, hay otra importante razón derivada del carácter del antiguo griego: no veía ninguna necesidad de aplicar mejora alguna a los logros técnicos que le eran conocidos. Una vez más, Aristóteles nos revela esta psicología en su filosofía de la historia, como aparece plasmada en el pasaje del libro primero de *Metafísica* anteriormente citado. «Que no es una ciencia productiva resulta claro incluso en la historia de los más antiguos filósofos, pues el que los hombres comiencen ahora, y comenzaran en un principio, a filosofar es debido a su admiración; inicialmente se admiraban ante dificultades obvias, después, avanzando paso a paso, establecieron cuestiones sobre las más grandes cosas, por ejemplo, sobre los fenómenos de la Luna, y los del Sol y las estrellas, y sobre la génesis del universo. Y un hombre que se siente confundido y se admira, se reconoce ignorante... por consiguiente, si filosofaron para librarse de la ignorancia, evidentemente se consagaron a la ciencia para saber, y no con fines utilitarios. Y esto es algo confirmado por los hechos; porque fue cuando casi todas las necesidades de la vida, el bienestar y los placeres estaban asegurados, cuando este tipo de conocimiento empezó a ser buscado» [168]. Compendiada en estas pocas afirmaciones se encierra la mentalidad del antiguo griego con respecto a los valores relativos de los bienes básicos. En primer lugar está el saber por sí mismo, la investigación orientada por el conocimiento, no por la mejora de las condiciones de vida. De hecho, en opinión de Aristóteles, nada más puede conseguirse en esa línea: el progreso técnico ha alcanzado ya el nivel en que puede satisfacer las necesidades esenciales de la vida y una de sus consecuencias más importantes es la ciencia pura y la filosofía. Las mejoras técnicas, si son en absoluto necesarias, carecen de valor en comparación con la capacidad humana de admiración, que impulsa al hombre a desvelar el secreto del cosmos. La posesión más inapreciable del hombre es su pura curiosidad intelectual. Por tanto, el valor de un descubrimiento no queda en modo alguno realzado por sus posibilidades prácticas y técnicas. El mundo tal y como ha sido creado y el lugar que el hombre ha encontrado para sí en él le proporcionan todo lo que requiere materialmente para su vida espiritual y para el mantenimiento de sus valores transcendentales.

Otra actitud griega más básica ante la vida dio un ímpetu adicional a esta línea de pensamiento: la insistencia en la moderación, especialmente en las exigencias materiales. Cualquier cosa más allá de

la «pura necesidad» era considerada un lujo desproporcionado con respecto al esfuerzo dedicado a conseguirla. Es un error pensar que esta actitud era un monopolio de la filosofía platónica que fue desterrado por Aristóteles. Incluso un filósofo como Demócrito, cuya concepción total del cosmos es tan distinta de la de Aristóteles como es posible, insistió en la necesidad de restringir la inclinación del hombre a dedicar demasiado de su limitada capacidad a mejorar sus condiciones materiales. «Uno tiene que caer en la cuenta de que la vida humana es débil y breve y está mezclada con muchas inquietudes y dificultades, con sólo preocuparse por posesiones moderadas, y de que las penalidades pueden medirse con la escala de las necesidades que uno tenga» [91].

Tan tempranamente como en el período mitológico, quedó una profunda huella en la mente griega, dejada por su conocimiento de los límites impuestos al poder del hombre frente a fuerzas más allá de su control, y por su temor de la venganza que tomarían esas fuerzas si se transgredían esos límites. Tal presunción por parte del hombre bien podía despertar la cólera de los dioses. «Hay que apagar la arrogancia (hybris) antes que un incendio» [38], dice Heráclito. Las leyes humanas, al tener como objeto el mantenimiento de la medida apropiada en las relaciones de un hombre con sus conciudadanos, castigan los actos presuntuosos en contra de la sociedad en la que vive. Exactamente de la misma manera, los poderes cósmicos están constantemente en guardia para que ningún ser humano los transgreda. La ciencia racionalizó las fuerzas mitológicas y las convirtió en leyes de la naturaleza. Pero esto no alteró el sentimiento fundamental de los griegos de estar a merced de esas fuerzas ni su horror ante cualquier intromisión en su esfera, especialmente en tanto el efecto de la racionalización no fue ni profundo ni duradero. Hemos de recordar que en el curso del período helenístico, las tendencias irracionales recuperaron su ascendiente como consecuencia de la penetración de la cultura oriental en Grecia y Roma. A partir del siglo segundo a.C. se produjo una gran propagación de la astrología, que se originó en Babilonia y Egipto. Ayudada por su inclusión en las enseñanzas de la escuela estoica, arraigó en todos los círculos de la sociedad de Grecia y Roma, sin excluir los ilustrados. La medicina y la alquimia fueron contaminadas por la magia y otras doctrinas irracionales sobre misteriosas virtudes en el mundo animal, la vegetación y la materia inorgánica, fueron ampliamente difundidas. Todas estas

tendencias tuvieron como efecto el reforzamiento de las inhibiciones ante las empresas técnicas y la mera aplicación práctica de la ciencia.

El sentimiento general de inseguridad resultante de las circunstancias políticas también contribuyó a retraer, en vez de estimular, las invenciones técnicas. Pruebas de esto pueden encontrarse en las técnicas militares desarrolladas en los siglos tercero y segundo por Arquímedes, Ctesibio, Filón y Herón, quienes usaron la elasticidad de cuerdas tensas y del aire comprimido para la construcción de máquinas bélicas. Estas técnicas, hijas de la urgente necesidad, podrían haberse convertido en el núcleo de desarrollos tecnológicos considerables y variados, especialmente por cuanto el progreso hecho en matemáticas por Arquímedes y sus sucesores había puesto los fundamentos teóricos para ello. Pero, de hecho, no hay ningún signo de un desarrollo de este tipo que bien podría haber cambiado las estructuras económicas de la sociedad antigua, o por lo menos haber dejado su impronta en una parte de su vida económica. De los inventos de ese período sólo el reloj de agua y el órgano de agua de Ctesibio merecen una mención: todos los demás fueron meras piezas de exhibición, como el sifón de Herón o sus instrumentos para demostrar la fuerza motriz del vapor. En todas estas invenciones técnicas, incluso cuando fueran acompañadas de la construcción de mecanismos más pesados, había algo de juego o pasatiempo. Eran de hecho juguetes más que medios para domesticar las fuerzas de la naturaleza para su explotación técnica. Aunque existían todas las precondiciones necesarias, nunca se explotó la fuerza del vapor a escala técnica ni se dio a los elementos un uso económico con la construcción de molinos de viento o de molinos de agua, salvo del tipo más primitivo.

Los antiguos griegos creían fundamentalmente que el mundo tenía que ser *entendido*, pero que no había ninguna necesidad de *cambiarlo*. Esta siguió siendo la creencia de las generaciones siguientes hasta el Renacimiento. Esta actitud pasiva hacia el uso práctico de las ciencias naturales fue reforzada por la completa osificación de las ciencias naturales en la Edad Media en el estado en el que Aristóteles las había dejado. Los indicios de una actitud diferente que aparecen aquí y allá no son sino chispazos perdidos en la oscuridad de siglos. Se hizo un uso más económico y más variado de los ríos y los saltos de agua como fuerza motriz para los molinos; los molinos de viento comenzaron a construirse en el siglo doce; la invención de la pólvora tam-

bién impulsó los desarrollos técnicos. Pero la verdadera revolución, que con la primera explosión de sus fuerzas reprimidas transformó completamente los asuntos humanos, llegó con el cambio de actitud del hombre hacia la naturaleza anunciado por el Renacimiento. El Renacimiento fue el despertar del deseo de conquista del hombre, de conquista y control de la naturaleza a través de la ciencia. Previamente la actitud hacia la naturaleza había sido de sumisión y el carácter de la ciencia había sido teórico y especulativo. Ahora todo eso sucumbió ante el ansia de conocimiento como medio de controlar las fuerzas de la naturaleza y someterlas a las exigencias del hombre. Esta búsqueda del poder a través del conocimiento es una de las características señeras del Renacimiento: entendiéndola la naturaleza, el hombre libre sería capaz de domesticarla y explotarla para extender su propio poder. Esta revolución, que tuvo lugar durante un largo período de tiempo, no puede retrotraerse a una única causa. Pero el significado de sus consecuencias es bastante claro: el temor a los dioses y los elementos fue reemplazado por un espíritu de conquista aventurera que convirtió a la ciencia en auxiliar del progreso técnico. La expresión suprema de esta transformación de los valores se encuentra en la personalidad de Leonardo da Vinci, el diseñador de puertos y canales, el soñador de máquinas que harían omnipotente al hombre, el visionario técnico que, entre otras cosas, concibió la idea del submarino y la del aeroplano. Esta actitud activa, agresiva, del hombre hacia la naturaleza y su deseo de intervenir en los procesos naturales le abrió un nuevo mundo, mientras la estructura crecientemente compleja de la sociedad encauzó su deseo hacia el descubrimiento científico y la invención técnica.

Sin embargo, todo esto sigue siendo insuficiente para explicar la peculiar cualidad de la ciencia griega y su lento ritmo de progreso. Hemos de volver atrás y examinar sus métodos reales de adquisición de conocimiento a la luz de los nuestros. Hablando funcionalmente, no hay ninguna diferencia: entonces, como ahora, la tarea de la ciencia era sistematizar la suma total de nuestro conocimiento empírico de modo que fuera posible predecir eventos futuros. Hemos visto cómo la ciencia antigua ejecutó esta tarea a la perfección en la astronomía. El material empírico acumulado a partir de observaciones realizadas durante siglos fue organizado en un sistema deductivo. Ante todo, se hicieron algunas generalizaciones que permitieron, por ejemplo, establecer una conexión entre los ciclos de los planetas y

sus distancias desde la Tierra —la Luna, con sus rápidas revoluciones, es el más próximo, mientras Saturno, con sus lentas revoluciones, es el más alejado. A continuación vienen las conjeturas que dieron uniformidad a todos los variados datos. Se desarrolló la hipótesis de las esferas, y después de ella la hipótesis de los epiciclos. Estas suministraron a los astrónomos modelos geométricos que explicaban los fenómenos conocidos por medio de un único principio: todas las revoluciones fueron reducidas a movimientos circulares. Si los griegos hubieran descubierto un nuevo planeta (el siguiente planeta, Urano, no fue descubierto hasta 1781 por Herschel), hubieran podido acomodarlo de inmediato en el marco existente y determinar sus movimientos por el método establecido. Cuando la siempre creciente precisión de la observación llevó al descubrimiento de la precesión de los equinoccios por Hiparco, éste también fue añadido a la familia de los movimientos rotatorios. Cuando un incremento ulterior de la precisión mostró que algunos cuerpos divergen de una órbita simétrica, el principio de círculos fue lógicamente extendido por la conjetura de los círculos excéntricos. Aquí tenemos ejemplos de la interacción de inducción y deducción que también ocasionó la mejora del calendario e hizo posible predecir los eclipses solares y lunares con más precisión. Así, el método científico logró, ya en los tiempos clásicos y sin otros medios que analogías geométricas y cinéticas, realizar plenamente en la astronomía la tarea funcional de la ciencia —la de capacitar al hombre *para predecir el futuro* con la máxima seguridad posible. Si comparamos la madurez científica de la astronomía griega con la debilidad de los logros griegos en física «terrestre», no podemos sino preguntarnos por las razones de este enorme contraste. La respuesta hay que buscarla principalmente en la gran simplicidad de la astronomía cuando se la compara con los fenómenos físicos que nos rodean. Por lo que hace a las condiciones experimentales, los datos astronómicos son, después de todo, absolutamente ideales. Los objetos de los experimentos son puntos (o discos) de luz cuyos movimientos son relativamente simples; el marco de las constelaciones fijas permite trazar con una precisión muy aceptable las posiciones y cambios de posición, incluso con un aparato observacional primitivo; y, en último lugar, pero no menos importante, la periodicidad de los movimientos hace posible repetir las observaciones sin límite después de que haya pasado un cierto tiempo. He aquí un caso en el que la naturaleza da al hombre todas las

ventajas de la investigación de laboratorio, excepto la posibilidad de cambiar arbitrariamente las condiciones. Aunque pueda parecer paradójico, el secreto de la simplicidad de la astronomía hay que buscarlo en la simplicidad propia del laboratorio, de las condiciones bajo la que es estudiada. Estas condiciones no tienen paralelo en los fenómenos naturales de la tierra. Aquí el verdadero progreso sólo empezó cuando el hombre comenzó a reproducir, casi inconscientemente, las condiciones ventajosas de la observación celeste en los experimentos de laboratorio.

La experimentación sistemática en el laboratorio se realizó por primera vez en el siglo XVII. Fue, en todos los sentidos, desconocida para los griegos. Así, el enigma del atraso en la antigüedad de la física terrestre en comparación con la astronomía se resuelve en el problema de por qué casi no se hizo ningún uso de los experimentos de laboratorio en la ciencia griega. La principal característica de un experimento es su *artificialidad*, que lo distingue de la observación de un proceso en su forma natural. En el dominio de la física terrestre la observación es sólo el estado más bajo del método experimental. Es verdad que no hay que despreciarlo, puesto que en muchos casos constituye el punto de partida para la ulterior investigación experimental. Pero un experimento puede resultar también de consideraciones teóricas vía contrastación de una hipótesis dada, sin que haya ninguna conexión directa con alguna observación empírica. Lo esencial en un experimento es el aislamiento de un cierto fenómeno en su forma pura, con vistas a estudiarlo sistemáticamente. Aquí reside su artificialidad. Los fenómenos naturales ocurren como parte de una red de procesos entrelazados e interconectados; su continuidad en el tiempo y en el espacio les hace aparecer ante nosotros como una única unidad completa. Aislar un fenómeno particular de esta unidad es como una operación en un cuerpo vivo que separe un miembro de los demás, o que lo coloque en una posición que permita observar su funcionamiento con tan pocas interferencias de las demás partes como sea posible. Aquí el ejemplo clásico lo proporcionan todos los experimentos mecánicos en los que la fricción o la resistencia al entorno se reduce tanto como se puede, de manera que puedan estudiarse los detalles del proceso mecánico puro. Fue sobre experimentos semejantes sobre los que se erigieron en el siglo XVII las mecánicas de Galileo y Newton. Estaban basados en la noción de que la fricción o la resistencia del entorno tienen que ser consideradas como

interferencias incidentales en el estudio de los fenómenos que ilustran una ley o principio natural en su forma pura. Esta concepción es totalmente distinta de la de Aristóteles. Para él el entorno era en realidad parte integral del fenómeno mismo, y consideraba insostenible la idea misma del aislamiento. Esto es particularmente importante, puesto que la era de la experimentación y la revolución general en las ciencias físicas comenzó con el estudio de problemas mecánicos. Aunque no es sensato ver una necesidad lógica en los desarrollos históricos particulares, la posición especial ocupada por la mecánica entre las demás ramas de la física y de la ciencia natural tiene que ser subrayada, puesto que fue esta posición especial la que la convirtió en el punto de partida de la ciencia moderna. La mayor parte de los fenómenos en el entorno del hombre, en la región «antropocéntrica», son de naturaleza mecánica y se derivan de fuerzas mecánicas, como la gravedad y la elasticidad. La acción de nuestras manos también se produce por contacto mecánico directo. El hecho de que la experiencia física del hombre sea predominantemente mecánica, determina en buena medida el carácter de su conocimiento del mundo que le rodea que procede por analogías mecánicas. Muchos conceptos físicos están tomados de la mecánica, como, por ejemplo, fuerza, corriente, propagación ondulatoria, y los simples modelos atómicos y moleculares. Nociones como densidad y toda la terminología cinética aparecen en la electricidad, la óptica, y otras partes de la física. No fue, por tanto, una mera coincidencia que la mecánica encabezara el desarrollo de la ciencia moderna y que los primeros experimentos mecánicos hayan tenido una influencia decisiva en los métodos y nociones básicas de la física.

La artificialidad de un experimento consiste en algo más que el aislamiento de un fenómeno en el laboratorio. Si queremos entender toda su novedad y apreciar el abismo que la separa de la observación de un evento natural, hemos de ir a la experimentación en nuestros días y ver hasta qué extremos de artificialidad se la ha llevado. Una de las tareas importantes del experimento hoy en día es la confirmación de una teoría científica dada. En muchos casos una teoría no es susceptible de prueba directa, pero puede ser contrastada mediante alguna conclusión que se sigue de sus concepciones básicas. La historia de la física y de la química modernas abunda en ejemplos de este tipo. Sucede a menudo que esas conclusiones, cuando son traducidas a los términos de un experimento, no corresponden a ningún

fenómeno realmente existente en algún tiempo o lugar del universo material, bien en las condiciones de nuestro planeta, bien en cualquier otro entorno astrofísico. La idea misma de un experimento así, el modo en que se lleva a cabo, el instrumental que requiere y el proceso revelado en su curso, son en su totalidad el resultado de consideraciones teóricas. Al llevar a la práctica este esquema puramente intelectual, el científico produce un fenómeno que en ocasiones no tienen paralelo en ningún proceso natural y cuyo único propósito es confirmar la teoría científica en cuestión. Vemos así que los experimentos de este tipo no tratan de mostrar cómo funciona la naturaleza, sino cómo podría funcionar si la conjetura científica resultara ser correcta. Aquí tenemos una extrapolación de los fenómenos actuales a los potenciales. Estos últimos sólo se convierten en actuales en el laboratorio. En este sentido podemos decir que el experimento no es natural. Así, sin duda, les parecía a los griegos, quienes hubieran considerado paradójico estudiar los fenómenos naturales por métodos no naturales.

La ciencia moderna, por tanto, ha extendido la concepción de la naturaleza para incluir todos los fenómenos cuya existencia no es contradicha por las leyes que gobiernan el mundo físico. Este desarrollo es parte integral de la concepción del cosmos que lo somete a la ley absoluta de causalidad que abarca tanto los eventos actuales como los eventos *posibles* que no están en conflicto con ella. Hemos señalado cuán perpleja se sentía la mente griega ante el concepto de lo posible; incluso los estoicos, pese a su progreso en la categoría causal, se vieron aquí en dificultades. Quedó para la ciencia moderna establecer la distinción entre lo que es *técnicamente* imposible y lo que es *en principio* imposible. Lo primero es potencialmente posible dentro del marco de las leyes de la naturaleza, mientras que la imposibilidad de lo segundo es simplemente la expresión negativa de la existencia de esas leyes. Esta distinción en realidad no se ha visto afectada por la aplicación de leyes estadísticas a la física, cualquiera que sea el alcance de las consecuencias filosóficas que eso haya tenido.

Un uso directo de la ley de causalidad en el método experimental lo constituye la *repetición* del experimento. Obviamente la repetición nos permite alcanzar un mayor grado de precisión. Pero esto es secundario para su finalidad principal, que es confirmar que un fenómeno dado está gobernado por ciertas leyes. Cada vez que volvemos a la situación *A*, da lugar a la situación *B*. Así, la posibilidad de su

repetición es uno de los aspectos más importantes de un experimento, y cada repetición incrementa nuestra certeza de que la misma causa produce siempre el mismo efecto. Esto nos muestra una vez más la parte sumamente importante que desempeñaron los fenómenos astronómicos constantemente recurrentes en la formación de la imagen científica griega del cosmos. A este respecto los fenómenos celestes exhiben todas las cualidades ideales del experimento de laboratorio. La naturaleza le presenta al astrónomo una y otra vez la misma secuencia interminable de las mismas condiciones iniciales, la misma situación *A* que da lugar a la misma situación *B*. Fue precisamente la observación astronómica de estas repeticiones la que despertó la consciencia en el hombre de la regularidad en el cosmos, una consciencia que entonces se vio reforzada ulteriormente por la observación de fenómenos terrestres naturalmente recurrentes, como la subida y bajada de las mareas. Pero, con contadas excepciones, a los griegos nunca se les ocurrió diseñar repeticiones *sistemáticas* a imitación de la naturaleza, para investigar la regularidad de los fenómenos físicos que no se repiten de por sí; no entendieron el experimento como una serie de eventos idénticos, provocados por el hombre. Teniendo conocimiento únicamente de las repeticiones naturales, y no de las artificiales, fueron incapaces de apreciar las grandes ventajas de las segundas sobre las primeras para el estudio de la causalidad: al repetir un experimento podemos cambiar las condiciones iniciales y comprobar los efectos de ese cambio en los resultados, profundizando así nuestra comprensión de la causalidad. ¿Cómo variará la situación *B* en función de una situación cambiante *A*? Con esta cuestión y la respuesta que le da el experimento, el científico en su laboratorio pasa de la dimensión única de causa y efecto a un complejo multidimensional de posibilidades causales interdependientes. La variación sistemática de los datos de un experimento, junto con el estudio de su efecto sobre su curso y resultado, es el complemento del principio experimental del aislamiento de un fenómeno. Esos dos procesos —desmenuzar la naturaleza en fenómenos aislados y cambiar repetidamente su curso en una determinada dirección— han acelerado nuestra comprensión de la naturaleza de un modo increíble. Cuando nos fijamos en ese pausado ritmo de avance, el progreso de los griegos nos parece en este terreno casi inexistente, al basarse en el estudio de las cosas tal como son en su integridad y no en cómo podrían ser cuando se las considera como la suma de combinaciones

de múltiples factores. Como hemos visto, un ligero desarrollo es discernible en los intentos sistemáticos de los ingenieros militares del período helénístico por mejorar la balística. En este caso había una necesidad práctica de aprender la conexión existente entre el funcionamiento eficaz de la máquina y el tamaño y forma de sus diversas partes. De ahí que un estudio más sistemático de los problemas técnicos ocupara el lugar de los tanteos fortuitos. Este cambio de actitud es mencionado por Herón y también por Filón. El desarrollo comenzó con Arquímedes. A partir de este momento, nos encontramos con ocasionales insistencias en la continuidad de la investigación científica y, junto a ellas, apelaciones explícitas a la autoridad de investigadores anteriores, pistas para guiar a futuros trabajadores en el mismo campo. Las palabras de Arquímedes sobre el particular ya han sido citadas de su *Método*, al final del último capítulo. Filón de Bizancio, al discutir el tamaño de las aberturas a través de las cuales pasaban las cuerdas tensoras elásticas en las máquinas balísticas, escribe lo siguiente: «Los investigadores anteriores no consiguieron establecer este tamaño con sus pruebas, puesto que éstas no estuvieron guiadas por varios tipos de ensayos sino sólo con vistas al ensayo requerido» (*Belopoeica*, 3).

Por todo esto, hay que reiterar que los científicos helenísticos no forjaron ningún cambio fundamental y que la aversión de los griegos al experimento, especialmente a su aspecto repetitivo, siguió siendo tan fuerte como siempre. Otra indicación de esto, y de la mayor importancia, es la ausencia de cálculos estadísticos en la antigüedad. Esta ya ha llamado nuestra atención en el capítulo sobre «La interdependencia de las cosas». Allí vimos que la ley de probabilidades y la ciencia de la estadística se desarrollaron a partir del estudio de las secuencias en los juegos de dados. Estas secuencias proporcionaron una excelente oportunidad para estudiar la recurrencia de casos idénticos o combinaciones similares. Los griegos, pese a prestar tanta atención a los ciclos recurrentes de los cielos, no mostraron ningún interés por las repeticiones que ocurrían en el curso de una partida de dados. Como sabemos, hasta el Renacimiento el hombre no empezó a examinar matemáticamente los problemas de este tipo. Cardano, a mediados del siglo XVI, fue el primero (en su libro sobre las tiradas de dados) en plantear las cuestiones: ¿Cuáles son todos los posibles resultados de tiradas con dos dados? Y, ¿cuántas veces aparecen en esas tiradas las combinaciones que

suman un mismo total? Con la formulación de estas cuestiones resolvió de una vez por todas uno de los problemas de la ley de probabilidades, que fue asentado sobre una base metódica cien años después por Pascal. También Pascal partió de problemas presentados por los juegos de azar de su tiempo. Esto prueba la importancia decisiva de la secuencia repetida a propósito para la comprensión de la regularidad de la naturaleza. Sólo en una etapa posterior del análisis de esas secuencias aparentemente artificiales se desarrolló una teoría de los eventos estadísticos naturales, con la discusión del problema de las expectativas de vida y de todas las leyes de grandes números involucradas en los fenómenos de este tipo. El negocio de los seguros también comenzó en el Renacimiento con la aseguración de los buques mercantes destinados a puertos distantes. Finalmente, en los siglos XVII y XVIII, se desarrolló la teoría matemática de la regularidad estadística y la probabilidad, hasta que la «prognosis matemática» se convirtió en una rama de la ciencia. Quizá pudiera alegarse que la creencia de los antiguos griegos en el Hado, a la que los estoicos dieron una base científica, les impidió reconocer las leyes del azar. Ese argumento es, sin embargo, superficial. El creyente moderno vio en la causalidad estadística una expresión de la divina providencia, tanto como en la causalidad dinámica de la mecánica newtoniana. En la introducción a su *Cosmogonía*, Kant trata de mostrar que la regularidad matemática de la naturaleza, lejos de restringir la autoridad de Dios, como mantiene el ateo, es la manifestación más sublime de su infinita inteligencia. Unos pocos años después (1761), un clérigo prusiano, Süßmilch, publicó un trabajo fundamental de investigación estadística que establecía la ley de grandes números, y cuyo título indica la actitud del propio autor ante la cuestión: *El orden divino de las variaciones en el sexo humano, tal y como es probado por los nacimientos y defunciones y el crecimiento natural*. No hay ninguna razón para suponer que los antiguos griegos, de haber descubierto la regularidad estadística, no hubieran reconciliados los aspectos religioso y científico del problema de un modo similar. Pero no lo descubrieron, por la misma razón por la que no desarrollaron la experimentación sistemática —porque fueron incapaces de transferir la idea de repetición de sus ocurrencias celestes a las terrestres; primero de los eventos «naturales» a los «artificiales», y después de la repetición de eventos idénticos, a la repetición de combinaciones de eventos regidas por leyes más com-

plejas. Aquí reside por igual la explicación de la ausencia de experimentos y de una concepción de la probabilidad en la antigüedad.

Del mismo modo que la «disección de la naturaleza» por medio del experimento (por usar la afortunada definición de Bacon) era extraña a los griegos, los correspondientes procesos teóricos de descripción de la naturaleza en términos matemáticos eran ajenos a su espíritu. Una vez más hemos de volvernos a los comienzos del período moderno para apreciar el papel decisivo que en el rápido desarrollo de las ciencias naturales desempeñó la aplicación de las matemáticas. En la antigüedad, el uso de las matemáticas en los problemas físicos estuvo confinado a fenómenos estáticos en los que una cuestión mecánica tenía una fácil traducción a términos geométricos o aritméticos, y a fenómenos cinéticos simples en los que existen relaciones simples entre la distancia recorrida y el tiempo invertido. Es cierto que aunque Aristóteles realmente usó el concepto de velocidad, como una relación de distancia y tiempo, no da ninguna definición matemática precisa de él. En consonancia, no hay indicio alguno de alguna definición cuantitativa del movimiento acelerado dependiente del concepto de aceleración, esto es, del cambio de velocidad con el tiempo. Este paso revolucionario lo dio Galileo, quien desarrolló los conceptos de velocidad y aceleración constante como parte de sus análisis de las leyes de caída de los cuerpos en su libro *Discursos y pruebas matemáticas sobre dos nuevas ciencias relativas a la mecánica y el movimiento local* (1638). Aunque sólo usa matemáticas elementales y teoremas básicos de proporción, Galileo da definiciones explícitas y claras. Tras describir su experimento de caída de cuerpos, pasa a una exposición del caso general del movimiento acelerado verticalmente o en un plano inclinado. El trabajo de Galileo fue revolucionario a dos aspectos: por el desarrollo efectivo de fórmulas para el movimiento acelerado, y por tratar el tiempo como una cantidad matemática que puede usarse en los cálculos exactamente igual que la longitud o cualquier otra cantidad geométrica. En sus conocidos teoremas usa cantidades como cuadrados de tiempos y cuadrados de velocidades y también raíces de alturas o las medias geométricas de otras longitudes. Sus pruebas van acompañadas de gráficos que muestran porciones de tiempo como segmentos de una línea recta. Esta representación geométrica del tiempo de Galileo supuso un paso de primer orden por su significación histórica. Platón, en el *Timeo*, había identificado el tiempo con los

movimientos periódicos de los cielos, una identificación expresiva de toda la concepción griega del tiempo: su eternidad era igualada con las eternas revoluciones de las esferas celestes. Aristóteles, quien da una definición más general del tiempo como «el número del movimiento en relación con el antes y el después», también considera al movimiento circular como la descripción más apropiada del tiempo. Observa que también los asuntos humanos constituyen un tipo de sucesión circular de eventos, y que todas las cosas que en el orden de la naturaleza pasan de la creación a la decadencia se mueven circularmente. «Incluso el tiempo mismo es visto como un círculo» [150]. Así, a lo largo de la antigüedad el concepto de tiempo fue inseparable de su medida —los relojes. Todo reloj, ya sea la Tierra moviéndose sobre su eje (o el reflejo de esa revolución en los cielos), ya un reloj de agua, de péndulo, etc., es un mecanismo cíclico cuyo funcionamiento puede describirse en términos de movimiento circular. Por contra, el tratamiento matemático de los problemas cinéticos nos obliga a desdeñar la diferencia esencial entre la distancia y el tiempo (como expresa el hecho de que las distancias se midan sólo con barras métricas y el tiempo con relojes), y comprenderlos a ambos abstractamente como coordinados, esto es, cantidades numéricas que son formalmente comparables. El tiempo físico es simplemente una coordenada que va de un cero arbitrario, fijado según las necesidades, al infinito. Su definición fue un preliminar esencial para el siguiente paso —comprender la locomoción como una función del tiempo. Encontramos los primeros atisbos de una concepción funcional entre los estoicos. Pero ellos hablaban de ciertas situaciones como una función de otras, y no llegaron tan lejos como para ver las ocurrencias físicas como funciones del tiempo entendido como una dimensión geométrica.

Galileo fue el primero en entender el tiempo de esa manera. Esto, junto con la invención subsiguiente del cálculo infinitesimal, abrió el camino para una completa matematización de la física a través de la definición de cantidades físicas y de su uso en cálculos. Una cantidad física como la velocidad, la aceleración, la fuerza, o como la tensión superficial de un líquido, la constante dieléctrica, el coeficiente de absorción, etc., es una abstracción: es un concepto artificial derivado del experimento, susceptible de definición matemática y de servir como instrumento para la investigación de la realidad física. La creación de una cantidad física comienza con la experiencia, fre-

cuentemente con algún experimento específico: la aceleración, por ejemplo, fue estudiada primero en el caso de los cuerpos en caída; entonces, expresada bajo la forma de una ley general, se convierte en el instrumento para analizar todos y cada uno de los fenómenos de la dinámica. Hablando en general, la cantidad física ha sido abstraída de experiencias de diversos tipos que primero fueron observadas en relación con el cuerpo humano, como por ejemplo la fuerza de los músculos humanos. Entonces sus resultados fueron ampliados por inducción y deducción a leyes generales, hasta que finalmente asumieron la forma de una definición apropiada para ser usada en un campo muy amplio de conocimiento físico. Por muy abstractas que sean las cantidades físicas, tienen siempre sus raíces en la experiencia, a veces incluso en experimentos sistemáticos que, partiendo de cálculos teóricos, desembocan en un resumen matemático exhaustivo de un hecho empírico dado. Las cantidades físicas son la piedra angular de todo el edificio de la física matemática, en el que la suma total de nuestro conocimiento del universo material se exhibe en forma deductiva. Es principalmente gracias a esas cantidades por lo que las ecuaciones matemáticas que tratan con problemas físicos se distinguen de la matemática pura; y es gracias a ellas por lo que los resultados de los cálculos teóricos pueden ser retraducidos al lenguaje de la experiencia. La cantidad física es así una parte obvia de la realidad material, una parte que desempeña un papel vital en el proceso de comprensión de esa realidad. Al mismo tiempo, es igualmente artificial, esencialmente un medio para un fin. También es un tipo de disección que el hombre hace de la naturaleza para aumentar su conocimiento de ella. En este sentido es la contrapartida teórica del experimento. Claramente, por consiguiente, el griego antiguo habría considerado absolutamente antinaturales las cantidades físicas y toda la matematización de la ciencia. El movimiento y la quietud son fenómenos naturales; pero la velocidad, según su definición matemática, es la relación entre dos cantidades tan esencialmente diferentes como la distancia y el tiempo. Los modos de medir cantidades físicas más complejas, esto es, las definiciones que reciben de acuerdo con las combinaciones de las cantidades que contienen, simplemente destacan aún más su artificialidad. El concepto de energía o trabajo, que desde mediados del último siglo ha llegado a dominar la descripción de la naturaleza, se mide como la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad —un factor compuesto que

para los griegos hubiera sido difícil de conectar con la naturaleza tal y como ellos la veían.

La experimentación sistemática y la matematización de la ciencia natural, que comenzaron simultáneamente en la era moderna, son partes de la revolución que trajo también consigo el desarrollo técnico. Este desarrollo empezó, como hemos visto, cuando la actitud del hombre hacia la naturaleza se hizo agresiva, cuando ya no se contentó con entender la naturaleza, sino que prendió en él la ambición de dominarla y el deseo de explotar sus fuerzas para sus propias necesidades. «La disección de la naturaleza» por medio de la experimentación y las matemáticas fue también el resultado del cambio de actitud del hombre hacia el cosmos. La ciencia griega nació cuando las ataduras que ligaban al hombre al mito fueron rotas y se vinculó al logos. No obstante, este proceso de ruptura nunca se completó en la antigüedad; los griegos siguieron estando estrechamente vinculados al cosmos, como resultado de su concepción del cosmos como un organismo vivo, un cuerpo que podía ser entendido y comprendido *en su totalidad*. El griego tenía una profunda consciencia de la unidad del hombre y el cosmos, una consciencia que se caracterizaba por su aproximación biológica al mundo de la materia. El principio teleológico es esencialmente biológico y antropomórfico, de manera que la primera base para la concepción del orden del cosmos se encontró en el sistema del mundo de los seres vivos. Mientras nosotros estamos reduciendo la biología a física y química, el griego aplicó los conceptos y procesos de pensamiento de la biología a los fenómenos físicos. De ahí la contribución que al pensamiento físico hicieron, directa e indirectamente, biólogos y médicos, de Hipócrates a Galeno. Los métodos usados en la antigüedad para estudiar el mundo de la materia fueron por tanto similares a los usados para estudiar la naturaleza y los seres vivos, y los medios empleados fueron «naturales», es decir, basados fundamentalmente en la observación. La asunción de una antítesis absoluta entre cielo y tierra, adoptada por la ciencia griega con sólo desviaciones ocasionales, fue asimismo resultado de la supervivencia del mito, que los griegos nunca lograron desterrar del todo. Ya hemos visto cuán dañina fue esta antítesis para el avance de la ciencia.

La conjunción de todos estos factores tuvo como resultado la incapacidad del pueblo que creó las ciencias naturales y el pensamiento científico metódico para ir más allá en su desarrollo de las

primeras etapas. En ausencia de la experimentación y de la invención técnica, el proceso de creación científica comenzó a sufrir de «falta de carburante». Los primeros signos de esto aparecieron en el siglo II a.C. Sus serias consecuencias aún fueron peores por la penetración de supersticiones en el dominio de la ciencia y por el surgimiento de tendencias ocultas resultantes de la fusión de Oriente y Occidente en la era helenística. Este declive de la ciencia creativa se convirtió en parte del eclipse general del mundo antiguo que siguió a la desintegración del Imperio Romano y al colapso de la seguridad política y civil. Con la propagación del cristianismo, los problemas naturales se vieron relegados a un lugar secundario frente a la principal preocupación de la humanidad —sus relaciones con el Creador. La petrificación de la ciencia en la época de comentaristas y escolásticos, mantuvo el conocimiento de la naturaleza acumulado por la investigación científica, al nivel alcanzado por Aristóteles, hasta el comienzo de la era moderna. Pero ese largo período de inmovilidad también dio lugar a un lento, más firme cambio en la actitud del hombre ante el cosmos. Los últimos vestigios de la antigua servileza griega respecto al cosmos, fueron eliminados bajo la influencia de la cristiandad y de la Iglesia organizada. Esta, al divorciar al hombre y sus intereses vitales de los fenómenos naturales, ayudó a crear el sentimiento de que el cosmos era algo ajeno y remoto al hombre; y fue esa sensación lo que preparó las mentes humanas para el siguiente estadio en que el investigador se enfrentaría a la naturaleza como su disector y conquistador y, por consiguiente, abriría las puertas a nuestra propia era científica, la cual, tras cuatro siglos, mantiene todavía su vigor incólume.

La civilización egípcia creó tecnología en la era precientífica. En su declive, la civilización griega dio a luz una ciencia sin aplicación técnica. Después, tras mil años de parálisis, la civilización europea inauguró la era de la integración de ciencia y tecnología. Como participantes en esa era nos encontramos en peligro de adolecer de una perspectiva distorsionada, sin embargo no está de más asentar el hecho fundamental de que esa integración se ha convertido en la fuente de una creatividad y rápido progreso —tanto en la esfera teórica, como en la práctica— que no encuentra paralelo en anteriores culturas. La fecundación de la tecnología por la ciencia es clara para cualquiera; el efecto inverso es no menos profundo y complejo. No sólo proporciona la tecnología un vigoroso impulso a la ciencia

pura, sino que los logros técnicos han sido puestos al servicio de la ciencia básica. En este sentido, basta mencionar el tremendo servicio prestado por el desarrollo de instrumentos y aparatos científicos a la extensión del conocimiento humano de la naturaleza más allá de los cinco sentidos, permitiéndonos así superar esa «debilidad de los sentidos» que Anaxágoras consideraba el principal obstáculo para descubrir la verdad.

Si la aventura intelectual de la ciencia moderna es, quizá, la mayor de las aventuras inauguradas por la era moderna, ello se debe al desarrollo de las matemáticas como clave de las leyes naturales. Es verdad que nuestro cosmos ha sido despojado de todo el contenido «humano» que poseía en el período griego; cierto es que el ingenuo mundo de los sentidos ha sido separado del mundo de la ciencia por un abismo continuamente en expansión; cierto que comprender ese mundo de la ciencia exige una enorme capacidad de abstracción y un aprendizaje profesional e intelectual que es cada vez más riguroso; pero, por otra parte, ese cosmos —del núcleo del átomo a las más distantes galaxias— está llenándose más y más de contenidos nuevos y maravillosos que hacen la experiencia de aquellos que participan en ese desarrollo no menos rica que la experiencia cósmica de los primeros filósofos naturales de la Antigua Grecia.

Que esos mismos filósofos están entre los ancestros espirituales de nuestra propia era es algo que nadie que compare el legado de la ciencia griega —su enfoque metódico, el vigor de su imaginación e inspiración, su capacidad asociativa y poder de inferencia— con la ciencia de nuestro tiempo, puede dudar. Dentro de los límites que la historia puso a su cosmos, los griegos, gracias a sus grandes recursos espirituales, alcanzaron el éxito en el tejido de un tapiz de pensamiento maravillosamente rico y variado, capaz de sorprendernos por su estrecha semejanza con nuestro propio mundo mental. Dentro de los límites de su lenguaje científico, todo cuanto de esencial puede establecerse acerca de la conformidad de los fenómenos a la ley, en lo tocante a su número y secuencia, y en lo tocante a la interrelación de los diversos elementos de la realidad física fue establecido por ellos. Su captación intuitiva de la teoría atómica es tal, que despierta nuestro asombro, no menos que lo hacen sus recursos matemáticos para la explicación del movimiento de los cuerpos celestes. La misma inspiración es fuente de su clarividente visión al construir las cosmogonías mecanicistas en una época en que la má-

quina era todavía desconocida, así como de su penetrante análisis de diversos problemas epistemológicos, como la relación entre los sentidos y la mente humanos. Quienquiera que estudie de cerca el mundo científico de la Antigua Grecia no puede sino llenarse de veneración, y su veneración no puede sino aumentar conforme se dé cuenta de que más allá de todas las diferencias y cambios, el cosmos de los griegos es todavía la roca en la que nuestro cosmos ha sido tallado.