

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

ALGUNAS ANOTACIONES HISTORICO-EPISTEMOLOGICAS

AL PROBLEMA CAUSALIDAD-TIEMPO FISICO

TESIS PROFESIONAL

LICENCIATURA EN FISICA

*1 ejem.  
5/4*

6619

RICARDO SANCHEZ GONZALEZ



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

Preludio	3
Causas griegas	11
Soozein ta phainómena	19
Ptolomeo	27
Modulación renacentista	36
Toccatá galileana	57
Coda	91
Apéndice I (Las cuatro causas griegas)	98
Apéndice II ( Lo matemático )	102
Bibliografía	110

Existe plena certidumbre respecto a nuestra vida en el tiempo. Se da una gran confusión en la reflexión filosófica acerca de los problemas relativos al tiempo. Se constata una notable diferencia en el significado del tiempo en diferentes teorías físicas. Certeza, indeterminación, multivalencia, son aspectos de una misma dimensión: lo inaccesible del tiempo.

En relación al tiempo físico (al que se circunscribe este trabajo), son los pensadores de corte positivista los que han trabajado mayormente sus problemas, y las discusiones presentan todos los matices teóricos imaginables. Resulta muy relevante que en casi la totalidad de los abordajes se supone un estrecho vínculo con la causalidad; los tratamientos oscilan entre dos posiciones extremas: el orden causal determina el orden temporal ó el orden temporal define al orden causal; la física, de atenerse a ésto, tendría tonalidades distintas. El aspecto antepredicativo de la física (que la define) permanece velado en los tratamientos positivistas. En este caleidoscopio de interpretaciones subyacen diversas voluntades de saber; percibimos un orden discursivo mediado por la historia. Sólo una aproximación histórica que tome en cuenta las conotaciones del saber de cada época, permite un tratamiento cabal de los problemas filosóficos de la ciencia.

Pero avancemos con calma. En nuestra vida cotidiana el tiempo como tal no representa ningún problema, tenemos una clara representación de él y sabemos perfectamente como manejarlo ante cualquier situación que lo involucre. Respecto al sentido del tiempo nuestra percepción es sin lugar a dudas de una definitividad absoluta. Tiempo que se imprime en nuestras vidas (1) y en mitos (2). Son siempre coincidentes y convincentes. Es cuando se coloca en un terreno teórico, en particular el filosófico, cuando el tiempo adquiere su carácter problemático. Son innumerables las posiciones y abordajes que en filosofía se hacen del tiempo. Citemos algunos casos. En el pensamien

to griego el problema se plantea en general como una relación Eternidad-Tiempo. La eternidad, según Platón es aquello de lo que no puede decirse era, será, sino solamente es; aquello cuya existencia es inmutable porque el pasado no le ha hecho perder nada y el porvenir nada podrá hacerle adquirir (3). El tiempo es visto como el movimiento ó el móvil. Los Estoicos consideran que el movimiento es la esencia del tiempo y la mayor parte de ellos lo consideran como no engendrado. Eratóstenes decía que el tiempo es el curso del sol. Hestio de Perinto piensa que el movimiento de los astros está en la relación que guardan unos con otros. Para Pitágoras el tiempo es la esfera del cielo y Zenón, que es el intervalo del movimiento, la medida de la rapidez y de la lentitud. En Aristóteles el tiempo "es la medida del movimiento según la anterioridad y la posterioridad" (4). Según Epicuro el tiempo es un accidente, es decir, una consecuencia del movimiento. Con Plotino "el tiempo debe ser concebido como la magnitud de la vida propia del Alma universal, que su curso se compone de cambios iguales, uniformes, insensibles, y que implican continuidad de acción" (5). En la modernidad Kant establece al tiempo como forma a priori de la intuición (6). En Husserl el tiempo es inmanente e mi conciencia, formado por la sucesión de mis vivencias, la pura actividad intencional en su dinámica interior, es continuo en su progresión, pero heterogéneo y variable, sin que ningún momento sea igual a otro; a diferencia del tiempo objetivo, trascendente y uniforme, que no es sino una abstracción del pensamiento, puesto que no se da en ninguna experiencia inmediata (7). Según Heidegger "la temporalidad se muestra como el genuino horizonte de toda comprensión e interpretación ontológica" (8). Wittgenstein dice que "espacio, tiempo y color (comaticidad) son formas de los objetos" y "la forma del objeto es la posibilidad de entrar en los hechos atómicos" (9). Según F. Waismann "no hay que pregun

tar qué es el tiempo, sino cómo se usa la palabra 'tiempo'" (10). K<sub>o</sub>sík: "la tridimensionalidad del tiempo como forma de su propia existencia se revela al hombre y se constituye en el proceso de objetivación, es decir, en el trabajo" (11). En fin, el repertorio de interpretaciones es inmenso.

Si nos restringimos únicamente al tiempo físico el panorama no es mucho mejor. Si el tiempo físico es el que está en juego en las teorías físicas, éstas no pueden decir nada en cuanto tales sobre aquél, nada sin involucrar a la totalidad de lo que son y en dependencia a cómo se constituyen. El tiempo aparece así como particular a cada teoría bajo distintas configuraciones. En la tarea de determinar las propiedades de este tiempo del que hace uso la física, los positivistas han hecho más aportaciones. Sin embargo sus resultados son en muchos casos opuestos. Un rasgo que resalta en la mayoría de estos tratamientos es la vinculación con el problema causal, pero aquí mismo es en donde se manifiestan con mayor intensidad. Así tenemos que Reichenbach sostiene que el tiempo es un flujo y "para inferir el orden temporal debemos conocer el orden causal" (12); "La relación de orden temporal puede reducirse a la relación de causa efecto" (13). Esta misma posición sostiene Bunge (14). En el otro extremo estaría Brillouin: "si no tenemos sentido del tiempo, no podemos hablar de causalidad" (15). Por su parte Max Black ataca a la concepción del tiempo como flujo por no tener sentido: "si es absurdo según creo que es - decir que el tiempo se mueve o cambia, es absurdo referirse a la 'dirección' haga una cosa u otra" (16). Y dice que "los usos establecidos de las palabras 'causa' y 'efecto' no dejan abierta ninguna posibilidad de aplicarlas de modo tal que se describa un acontecimiento como causa de otro posterior a él... uno de los usos más importantes del lenguaje causal es el de enfocar los sucesos o

o situaciones que podemos governar -la búsqueda de causas es, con gran frecuencia, una búsqueda de medios con los que producir unas con secuencias deseadas o impedir otras no deseadas" (17). Mientras que Gurméndez opina que "la ley de la causalidad es la del suceder del tiempo mismo" (18). Para otros el tiempo se un problema de construcción lógica (19), o un problema de hacerlo compatible con cierta doctrina (20) ; o en Carnap y otros un problema de medición (21) o de axiomatización (22).

El problema de la causalidad no es menos controvertido. Desde la famosa crítica de Hume en que la hacía inexistente por carecer de una correspondencia con las impresiones del sujeto cognoscente, ha sido motivo de grandes polémicas y los positivistas encuentran en él una fuente inagotable para sus urgencias académicas. Es desde luego, en casi todos los casos un elemento que de alguna manera define su posición frente a otros 'sistemas' de pensamiento. Se le considera de muy diversas maneras, como razgo de la predictibilidad de una teoría (23); posible de caracterizarse completa y definitivamente (24); axiomatizarse (25); hacer de él motivo de confirmación doctrinaria (26); preocupación académica (27); en fin, todo tipo de cosas se dicen sobre "La Causalidad". Todos tienen en común la suposición de una homogeneidad histórica del objeto como algo existente sin más; o bien ocasionalmente algunos admiten su historicidad pero a cambio suponen la existencia de una entidad autónoma que permite la unificación y entonces pueden hablar de la causalidad, la causación o el principio causal.

Afirmamos que nos has tal cosa como una causalidad y que toda causalidad debe estar referida a un discurso que la sustene y le da forma. En esta referencia una causalidad podrá revelarse como un me-

ro jugar en el vacío al carecer de objeto; una tergiversación del discurso que la define; un auténtico enlazamiento con su determinante, entre otras variantes. El encadenamiento que se hace del tiempo con la causalidad deberá estar supeditado a uno o varios discursos y en cada uno de los casos, debemos descubrir su verdadero aspecto. Nosotros intentaremos hacer algunos avances tendientes a esclarecer como se ha tematizado el problema temporal y el causal en la historia a partir de los griegos. Deseamos subrayar en esta tentativa el aspecto creativo del discurso, tal que hace necesario una cierta determinación de estos problemas. Aspecto creativo que es lo antepredicativo de una teoría. Valga pues nuestra intención.



NOTAS AL CAPITULO I.

- (1). Cf. estudios sobre el tema de Jean Piaget.
- (2) Cf. Ernes Cassirer. Filosofía de las formas simbólicas. Tomo II. (tr. Armando Morones ). México, F.C.E. 1972. pp. 105-194.
- (3). Cf. Platón. Timeo.
- (4). Aristóteles. Física. IV, 12.
- (5). Plotino. Eneadas. Tercera, VII, XI.
- (6). Cf. Kant. Crítica de la Razón Pura. (Tr. José del Perojo y A. Klein). Buenos Aires, Losada. 1973. Tomo I, pp.183-191.
- (7). Cf. Obras D e. Husserl, principalmente: The Phenomenology of internal time-consciousness. (Ed. M. Heidegger, Tr. James S. Churchil) Bloomington, Indiana university. 1954. Meditaciones Cartesianas. (Tr. José Gaos) México, El Colegio de Méx. 1942.
- (8). E. Mayz Vallenilla. Ontología del conocimiento. Caracas. Universidad Central de Venezuela. 1960. p. 432. Cf. M. Heidegger Ser y Tiempo. (Tr. José Gaos) México, F.C.E. 1971.
- (9). L. Wittgenstein. Tractatus Lógico-Philosophicus. (Tr. E. Tierno Galván) Madid, Alianza. 1973. 2.0251, 2.0141.
- (10). Friedrich Waismann. Mi visión de la filosofía, en la antología de J. Muguerza La Concepción analítica de la filosofía. Madrid. Alianza. 1974. n. 496.
- (11). Karel Kosík. Dialéctica de lo concreto. (Tr. A. Sánchez Vázquez). México, Grijalbo. 1967. n. 242.
- (12). Hans Reichenbach. El Sentido del Tiempo. (Tr. Ana S. de Liberman) México, UNAM. 1959, p.30. Es este uno de los más completos estudios sobre el tiempo.

- (13). Hans Reichenbach. La Filosofía Científica. (Tr. H. Flores - Sánchez) México, F.C.E. 1973. p.157.
- (14). Mario Bunge. Causalidad. El Principio de causalidad en la ciencia moderna. Buenos Aires, EUDEBA. 1972. pp.75-80, 101.
- (15). Léon Brillouin. La información y la incertidumbre en la ciencia. (tr. Madalena Sancho). México, UNAM. 1969. p.103.
- (16). Max Black. Modelos y Metáforas. (Tr. V. Sánchez de Zavala). Madrid, Ténos. 1966. p. 184.
- (17). Ibid. pp. 176, 179.
- (18). Carlos Gurméndez. El Tiempo y la Dialéctica. Madrid, Siglo XXI. 1971. p. 102.
- (19). Cf. A. d'Abro. The Evolution of Scientific Thought. New York, Dover.
- (20) Por ejemplo Eftichios Bitsakis. Física contemporánea y materialismo dialéctico. (Tr. J. Fernández Valencia) México, Ediciones de Cultura Popular. 1975. pp. 115-148. Razgo muy común en los filósofos soviéticos stalinianos.
- (21). Cf. por ejemplo Rudolf Carnap. Fundamentación lógica de la física. (Tr. Nestor Miguens). Bs. As., Sudamericana. 1969. pp. 111-121.
- (22). Cf. R. Carnap. Introduction to Symbolic Logic and its Applications. New York, Dover. 1958. Cf. así mismo la crítica a las axiomatizaciones en física de Tomás A. Brody The axiomatic approach in physics. México, INFUNAM. 1977.
- (23). Cf. R. Carnap. Fundamentación... "la relación causal significativa predictibilidad" p. 256.
- (24). Cf. M. Bunge. Causalidad. pp. 58-64.
- (25). Cf. R. Carnap. Introduction... p. 212.

- (26). Cf. por ejemplo, J.M. Fatáliev. Marxismo-leninismo y ciencias naturales. (Tr. Quantum). Montevideo, Pueblos Unidos. 1965, pp. 330-342.
- (27). Cf. por ejemplo Ernesto Sosa: Típos de causalidad. Crítica, Vol. X, No. 30. 1978.



Para el heleno la luz está patente y hace patentes las cosas físicas con un tipo original de patencia designado con el verbo - phainesthai, phainomenon, phainetai (verbo en voz media).

"La luz 'se aparece'; las cosas se aparecen en la luz. Y mejor: se ilumina, se iluminan -así como cuando digo: 'llueve', 'se dice', 'se corre'-. A la luz, en cuanto fenómeno, tal como es dada, no la hace aparecer nada ni nadie; se aparece sin causa eficiente; ni la luz 'hace' aparecer las cosas; no es causa eficiente" (1).

Para el heleno la expresión 'se ilumina' tiene el sentido de: 'se aparece' como logos, que está-en-logos. Esta extracausal manera en que se aparecen las ideas en los sonidos es semejante a la manera como se iluminan las cosas. Esta manera en que aparece "una idea en las palabras se llamó 'apó-fansis'; aparición luminosa; - (phainos, phainesthai) -fosfema verbal en aire; y hablará Aristóteles de logos apofantikós-, de logos en que se descubre una idea, de logos luminiscente, de logos autofosforescente; de fosfema verbal" (2).

Parece ser que los griegos usaban esta voz media para mencionar lo propiamente metafísico, liberando de esta forma a los objetos ontológicos (extratemporales, eternos) de componentes causales; así "Ser (einai), ente (on), ser-de-verdad (alethos ón), ser-en-realidad (óntos on), es (estí), qué es (tí estí), qué es (tó einai) -son formas y formaciones medias: extracausales, extrafísicas" (3).

Son igualmente formaciones "medias" las eide o ideas, así como el saber eidético o saver de vista (eidenai), es por ello que para el griego están presentes, se aparecen cual aparentiales - (phainómenon) como logos autofosforescente, sin causas.

Son por el contrario, aquellos objetos expresables en voz ac-

tiva y pasiva (continuando con la aproximación gramatical), los objetos propios de la física. Objetos que tienen en ellos, por dentro de ellos, las cuatro causas. "Aristóteles, con plena conciencia hará ciencia física 'a ciencia y paciencia' de las cosas, buscando las causas y sus efectos; las causas que hacen padecer las cosas".\*

En este sentido causal Platón no hace física, su objetivo es simplemente colocar a las cosas en su estado de simple potencia (alétheia). Es necesario hacer notar que para los griegos el de alétheia no significa solamente "estar al descubierto", contiene además la exclusión de las causas que pretendieran "hacer aparecer" lo patente.

Es pues, con Aristóteles que la física habrá de buscar sistemáticamente "las causas y los elementos de las cosas" (4). Quedando así escindido el conocimiento griego: ciencias o conocimiento de cosas "simplemente (alétheia), de potencia por autofosforescencia (en voz masculina) acausal; y ciencias o conocimientos de cosas con verdadero tipo potencia por causalidad (con acciones y pasiones).

Aristóteles considera cuatro causas: la material, la formal, la eficiente y la final (5); de acuerdo al párrafo anterior éstas se desdoblarían produciendo así:

1. a) Causa material con causalidad "real"; hyle (materia pujante, selva virgen), dynamis (potencia, vapor indiferenciado, a tensión), hypokeimenon (sujeto).

b) Causa material con causalidad "eidética": tó ex hoú (id ex quo, aquello de que...).

\* Ver apéndice I.

2. a) Causa formal con causalidad "real"; morfé (forma), enérgeia (dynamis-en acto, vapor en tensión dirigido y eficiente).

b) Causa formal con causalidad "eidética": eidos, ousía, tí estí, tó tí en einai; (eidos, ser-en-eidos, qué es qué es que es, esencia existente). (6).

3. a) Causa eficiente con causalidad "real": arqué meta-holés (principio de trasmutación, cambio que vuelve de arriba - abajo).

b) Causa eficiente con causalidad "eidética": arqué kinéseos (principio de movimiento).

4. a) Causa final con causalidad "real"; entelequia (orden terminado, orden establecido) télos (estar acabado).

b) Causa final con causalidad "eidética" hóu héneka - (blanco, meta, por gracia de...)

Los términos expresivos de causalidad "real" no juegan papel alguno en Platón. Para Aristóteles las causas reales tienen que culminar en causas eidéticas ya que las causas reales tienen por objetivo hacer visibles (e-videntes) las cosas, ponerlas en estado visible (eidos, idein), dar al final de sus acciones una fosforescencia "eidética". (6).

Aristóteles, al notar la doble función de las cuatro causas (función real más función eidética), comenzó a hacer posible - una física "real", sólo que la función eidética, mantenida aún como fase límite, retingió el alcance científico de su física.

Las cuatro causas operan sobre el mismo material; éste deberá cumplir simultáneamente con aquellas. Esta exigencia predetermina el tipo de movimiento, espacio y tiempo coadaptable con la sus-

tancia física.

Encontramos entonces que movimiento tendrá que ser, dice - Aristóteles: "acto del ser que está en estado de potencia en cuanto que está aún en dicho estado". O bien como explica García Bacca: "el movimiento es ese mismo impetu por el que una y la misma cosa pasa de estado a estado, en dirección a estado eidético, de modo que de estar en estado de potencia, en que no está aún organizada para poseer y ostentar un eidós como suyo, se impele ella misma a darse el estado de acto; y tal éxtasis o salida de un estado suyo a otro estado suyo no cesará hasta que no esté en estado de 'poder' ostentar posesoriamente un eidós casará, automáticamente, por falta de pujos internos, el movimiento." (7)

De manera semejante ocurre con el espacio: se organiza en - "lugares", tiende a definirse y delimitarse, llegar a estado que delinea cada objeto físico. El Espacio (en singular) resulta - arranque, punto de partida, causa material, siendo entonces la natural evolución del Espacio-material organizarse, dividirse, definirse, dando lugar a "lugares".

Con Aristóteles es necesaria la referencia a algún cuerpo - concreto, así "abajo" es un hacia la Tierra" y "arriba" es un "hacia el Cielo". Es con Galileo que el espacio retomará su aspecto de realidad unitaria, independientemente de los cuerpos; el lugar será únicamente delimitación arbitraria e inconsistente de "el Espacio".

Proceso similar ocurre al tiempo: tiende a darse partes (presente, pasado, futuro) y a organizarse con un orden especial. Tal estructura debe, según Aristóteles, sujetarse a las cuatro causas: al ser físico, lo cual hace del tiempo "ahoras Típicos": día, mes



año, estación... "Según este proceso aristotélico se pasa de (T) a  $T(a,b,c,d,\dots)$ ; y a lo último a  $T(a)$ ,  $T(b)$ ,  $T(c),\dots$ " (8). Esta última expresión es el estado final y al llegar aquí es que adquiere un sentido determinado hablar de "antes-después", "ya", "inmediatamente", "después"... Tales relaciones sólo pueden cimentarse sobre términos bien definidos. Se habla, pues, de tiempos típicos y propios de las cosas físicas especiales. (9).

Resumiendo: en Aristóteles ocurre un nuevo tipo de "verdad" o descubrimiento (y que habrá de permanecer hasta Galileo): mostrar que la verdad eidética, lo visible y patente a la luz (e-visible), es descubierta (nótese la voz pasiva y no media) por la acción coordinada de cuatro causas no visibles, ni eidéticas, - que se desarrollan por movimientos en espacio y tiempo. La verdad física verifica, hace (facit) en activo, la verdad eidética.

Ahora bien, Aristóteles inventa un plan "causal" para el mundo sublunar, sin embargo no se atreve a extenderlo al cielo. Dice Koyré: "el pensamiento griego suponía que el cielo fuese totalmente diferente, que los movimientos absoluta y perfectamente regulares de las orbes de los astros fuesen conforme a las leyes de la geometría más rígida. Pero, los Cielos son otra cosa que la Tierra. Es por ésto que la astronomía matemática es posible, pero la física matemática no lo es" (10).

¿Porqué ocurre esta diferencia entre Cielo y Tierra? ¿Cómo se presenta esta astronomía matemática griega?. Trataremos de responder estas preguntas.

NOTAS AL CAPITULO II.

- (1). J.D. García Bacca. Historia filosófica de la ciencia. México, UNAM. 1963, p.15. Cf. asimismo Alexandre Koyré "Aristotelismo y platonismo" en Estudios de Historia del Pensamiento Científico (Tr. E. Pérez Sedaño y E. Bustos) México, Siglo XXI, 1977. p. 37.
- (2). García Bacca, op. cit. p. 16.
- (3). Ibid. p. 18. Cf. Aristóteles Metafísica, en Obras, Madrid, Aguilar. Las obras de M. Heidegger, especialmente Ser y Tiempo. (Tr. José Gaos) México, F.C.E., 1971; Introducción a la Metafísica (Tr. Emilio Estiú) Buenos Aires, Nova. 1972. "La sentencia de anaximandro" en Sendas Perdidas (Tr. J. Rovirosa Armengol) Bs. As. Losada. 1960. ¿Qué significa pensar?, 2a parte, lecciones 4-11. (Tr. Herald Kahnemann) Bs. As. Nova. 1972. Cf. Obras de García Bacca. Para un tratamiento elemental de los problemas ontológicos: Louis Lavelle: Introducción a la ontología. (Tr. José Gaos). México, FCE. 1953.
- (4). Física, I, 1.
- (5). Metafísica, I, 3.
- (6). Cf. Nicolai Hartmann. Sobre la doctrina de eidos en Platón y Aristóteles. (Tr. Bernabé Navarro B. ) México, UNAM, 1964.
- (7). García Bacca, op cit. p. 30.
- (8). Ibid. p31.
- (9). Esta noción de espacio tiempo como lugares singulares la encontramos también en los aztecas: "el pensamiento mexicano no conocía un espacio y un tiempo abstractos, medios homogéneos y separados, sino complejos de espacio y de tiempo concretos,

sitios y acontecimientos heterogéneos y singulares. Las -  
cualidades de cada uno de esos "lugares-momentos" expresa-  
dos por el signo que marca los días en el tonalpohualli, se  
suceden por cambio brusco y total según un ritual determina-  
do de una manera cíclica, conforme a un orden eterno". -  
Jacque Soustelle: La vida cotidiana de los aztecas. (Tr. Car-  
los Villegas) México, FCE. 1977.

- (10). Alexandre Koyré. Dal mondo del prssappoco all'universo della  
precisione (Tr. Paola Zambelli) Torino, Nuovo politecnico.  
1967.



Antes de pasar a otro problema es importante subrayar el carácter que la realidad física tiene para el griego. Los principales aspectos son, según Koyré: "a) la creencia en la existencia de naturalezas' cualitativamente definidas, y b) la creencia en la existencia de un cosmos, en suma, la creencia en la existencia de principios de orden en virtud de los cuales el conjunto de los seres reales forma un todo jerárquicamente ordenado" (1).

Los términos "todo", "orden cósmico" , "armonía" hablan de un universo en donde las cosas están (o deben estar) bajo una determinación previa que define su distribución y orden. Su localización, espacial y temporalmente, es necesaria respecto a ellas y el universo; cada cosa tiene su puesto y su tiempo. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar". (2).

Como señalamos anteriormente, al griego la luz le ofrece los objetos, las cosas físicas (phainomenon). Según aparezcan los cuerpos con la luz, revelarán su "naturaleza". Para los cuerpos sublunares el griego concede, en cuanto cuerpos y dejados a sí mismos, la libertad de manifestarse por sí mismos, en particular en su modo de moverse.

La luz incorporada o metida en cuerpos se presenta en La Tierra de una manera simple; la luz, pura, simple y en sí, se mueve según un tipo perfecto y simple de trayectoria, o bien en un plano, o en una superficie lisa o al menos con un orden visible. Pero en El Cielo "...ciertos cuerpos la hacen seguir (a la luz) curvas ni planas ni lisas; la mueven y se lucen a costa de ella, según trayectorias no circulares y sin orden visible" (3).

Para el heleno el tipo de trayectoria simple y perfecta es la circular (4); y, por su parte, el plano y las superficies lisas son lugar propio de la luz ya que aquí todos sus puntos están a la

vista, mientras que lo que ocurre en la tercera dimensión no es visible ni lugar de aparición para la luz. Por esto el vocablo - que los griegos utilizaban para designar "superficie" era - - epi-phan-eia (sobre-haz-luminoso); e igualmente pasa que el tipo de movimiento digno de la luz en sí y pura, haya de ser "ordenado".

En el mundo griego, existen en el Cielo algunos cuerpos cuya trayectoria luminosa es equivocada ya que no siguen la circular, única trayectoria digna de la luz, ni lisa o plana para que siempre estén visibles, sino por el contrario, se hacen invisibles al introducirse a la obscuridad debida a la componente tridimensional. Tampoco los movimientos de estos cuerpos son regulares o reglados por relaciones simples. A estos cuerpos celestes, "todo luz o cuando menos resplandecientes de luz" no podía permitírseles tal violación a las leyes de la luz. Para que este comportamiento errado de la luz no obstaculice el posible movimiento dialéctico o - ascendente de la mente a el Absoluto (5) (pasaje a la conciencia - (Nous)) (6), dirá Platón que es necesario soozein ta phainómena (salvar los fenómenos); se trata, dice Koyré, "de descubrir una - realidad más profunda que proporcione su explicación" (7); "Encontrar una explicación (o la explicación) racional de lo real" (8). R. Blanché ve en esta consigna platónica a una astronomía elaborada como "...una ciencia puramente matemática cuya tarea consista únicamente en imaginar combinaciones geométricas que permitieran calcular correctamente los datos de la observación" (9).

Adentremonos en este problema y sigamos tratando un poco de "pensar en griego el pensamiento de los griegos" (10). Un texto de Simplicio presenta las siguientes consideraciones (11):

1. Salvar los fenómenos (soozein ta phainómena), salvar

ciertos tipos de apariciones luminosas concretas;

2. Tales apariciones peligrosas de la luz en lo sensible se presentan, sobre todo, en los cuerpos errantes (phanómena, planetas en sentido amplio.

3. Los medios de salvación han de consistir: a) en movimientos (kinesis); b) sobre superficie lisa (homalós); c) circulares (égkyklos); d) ordenados (tetagménos).

4. La manera de emplear tales medios de salvar a la luz de su caída en el mundo sensible es el emplearlos como hipótesis (hypothesis).

Es, pues, mediante hipótesis que el griego salvará los fenómenos; salvará la Luz (pháos) de los falsos fenómenos (phainómenon) pues no son "lo que se muestra en sí mismo" (12). ¿Qué significado tiene para el griego el vocablo "hipótesis"?; ¿Cómo trabaja el heleno con las Hipótesis?

Para Pltón "hipótesis" no significa tanto fundamento (thetón) puesto bajo (hypo) de una cosa para sustentarla; sino, por el contrario, fundamento, peldaño, escalón (epibasis) puesto bajo el pie de quien se siente impelido hacia más arriba para llegar al Anhypotheton, (lo que se encuentra tan puesto (thetón) en sí, tan firme y afianzado que no se apoya en nada ni en escalón para nada) (5).

Salvar un fenómeno tendrá entonces el sentido de "saber convertirlo en hipótesis, en peldaño hacia otra cosa más real, más res o ratum, más firme y ratificado en su ser, salvar su desorden, su violación a la regularidad, su falta contra la epifaneia o escapadas a la oscuridad por medio de movimientos lisos y planos" (13). En la astronomía platónica se trata, pues, de salvar los movimientos aparentes mediante el ascenso al movimiento simple, "que es de todos el primero", a saber: el circular.

El programa platónico de reducir los movimientos de los planetas a movimientos regulares y circulares es "poco más o menos ejecutado por su alumno Eudoxo y perfeccionado por Calipo; éstos, en efecto sustituyeron el movimiento irregular de los astros errantes - por los movimientos bien ordenados de las esferas homocéntricas" (14). El sistema de Eudoxo y Calipo no puede permanecer más, pues "...se trataba no sólo los cambios de posición aparente (en dirección)" (15), sino también la variación de luminosidad de los planetas, por lo que tenían que suponer cambios en las distancias a la Tierra. Esta situación condujo a la invención de una teoría explicativa nueva por parte de los astrónomos de la escuela de Alejandría basada en los epiciclos y las excéntricas.

Entre estas dos teorías astronómicas aparece Aristarco de Samos, quien "quien plantea como hipótesis explicativa el doble movimiento de la Tierra alrededor del Sol y sobre sí misma. Es bastante curioso que no haya tenido seguidores. Tuvo un único alumno, parece. Plutarco lo dice: 'Aristarco propuso esta teoría como hipótesis y Seleuco la afirmó como verdad'. El texto es importante, - pues confirma el deseo y la distinción que hacían los griegos entre una simple hipótesis calculatoria y la hipótesis físicamente verdadera: la revelación de la verdad" (16). (Volveremos sobre este punto).

Las objeciones que se le pusieron a Aristarco son de orden físico (en el sentido aristotélico) así como el tamaño mayor del universo que implicaba. Igualmente, si la tierra giraba en torno al Sol, habría un paralaje para las estrellas fijas; esto contradecía el sentido común (17).

La teoría que se produjo para la explicación de los alejamientos de los planetas fue elaborada por Apolonio y perfeccionada por Hiparco. La hipótesis que habrá ahora se supone el la de que los



los planetas no van a girar en torno a un solo círculo, sino en torno a dos o tres "enganchando al primer círculo otro más pequeño, o colocando el mismo círculo grande en trono a uno más pequeño. El círculo que soporta se llama deferente, el círculo soportado, epiciclo " (18).

Sin embargo puede muy bien hacerse uso de otra hipótesis que resulta más sencilla, consiste en sustituir al deferente y al epiciclo por un único círculo descentrado con respecto a la Tierra, esto es, si la tierra está en un punto P, el gran círculo gira no entorno a la tierra, sino alrededor de un punto excéntrico a éste. Esta es la llamada hipótesis excéntrica. Apolonio demostró que estas dos maneras de representar los movimientos de los planetas son - equivalentes e incluso es posible convinar una con otra. Esta teoría de los epiciclos es de una riqueza y alcance extraordinarios: Colocando varios círculos traslapándose y haciéndolos girar a diferentes velocidades es posible dibujar cualquier curva cerrada; y poniendo un número suficiente puede dibujarse más cosas. La objeción más fuerte a esta teoría fue el aumento indefinido del número de círculos. Se requería una simplificación (19).

NOTAS AL CAPITULO III.

- (1). A Koyré. "Galileo y Platón" en Estudios... p. 158.
- (2). Ibid. p.159.
- (3). García Bacca, Op. cit. p. 39.
- (4). Al respecto menciona Koyré (desde otro punto de vista): "Se han burlado mucho de esta obsesión griega por lo circular, de este desecho de reducir todos los movimientos celestes a cuerpos circulares. Yo no encuentro que esto sea ridículo ni estúpido: el movimiento de rotación es un tipo propio y muy notable del movimiento, el único que en un mundo finito se prosigue eternamente sin cambio, y es eso justamente lo que buscaban los griegos: algo que pudiera proseguirse y reproducirse eternamente". loc. en "Etapas de la cosmología científica" en EHPC, p. 78.
- (5). Cf. Platón, República, libro VI.
- (6).Cf. Platón, Cratilo. Para un esquema de Platón Cf. S. Ramírez Castañeda: Pour une epistemologie des Mathematiques. Tesis doctoral para la Universite de Paris XIII, p 77-79.
- (7).A. Koyré. Op. cit. p 78.
- (8). S. Ramírez C., op. cit. p 447.
- (9). Robert Blanché: El método experimental y la filosofía de la física. (Tr. Agustín Ezcurdia) México, FCE, 1975, p. 23.
- (10) M Heidegger. Sendas Perdidas. P. 277.
- (11). Simplicio. Comentarios al libro aristotélico De Coelo, citado por García Bacca, op. cit. p 37.
- (12). M. Heidegger. Ser y Tiempo. p. 41.
- (13) García Bacca. OP. cit. p 38.
- (14). A. Koyré. Op. Cit. P. 78. Cf. asimismo S. Ramírez C. Op. cit.

pp. 447-451. James Jeans: Historia de la Física. Méx. FCE pp.80-85  
Sobre astronomía griega Cf. J.L.E.Dreyer A History of Astronomy. New  
York, Dover, 1952. pp. 9-207. Pierre Duhem: Le Systéme du Monde,  
Vols I y II. Paris, Hermann, 1913. Holton, G. y D. Roller Founda-  
tions of Modern Physical Science. Addison- Wesley 1958. pp.105-117.  
A. Pannekoek. A History of Astronomy. London. G. Allen & Unwin. 1961  
pp. 85-144. Arthur Berry. A short History Of Astronomy. New York,  
Dover. pp. 21-61.

(15). Alexandre Koyré, La Rivoluzione Astronomica. Milán, Feltri-  
nelli, 1966. p.22.

(16). A. Koyré. EHPC, p. 79.

(17). Holton, op. cit. p. 110-112.

(18). A. Koyré. EHPC, p. 80. Quisieramos mencionar aquí lo que di-  
ce O. Neugerbauer respecto a los problemas para abordar la astro-  
mía griega: "Greek mathematical procedures are directly inte-  
lligible to a modern mathematician wheras ancient astronomical  
treatises operate with a terminology , problems and empirical and  
numerical methods which are no longer familiar in our time". The  
exact sciences in antiquity. New York. Dover. 1969. p. 146.

(19). Cf. A. Koyré, EHPC, p. 81; La Rivoluzione...p. 20.



Esta es la situación de la astronomía cuando aparece Ptolomeo, cuyo trabajo Koyré habrá de comentar en los siguientes términos: "la astronomía griega ha sido siempre fiel al programa de representar los movimientos celestes mediante una combinación de movimientos circulares uniformes; no obstante mantener el principio, Ptolomeo lo ha forzado al considerar movimientos uniformes que no lo son del todo, esto es, movimientos que, aunque tienen una velocidad orbital variable y por consiguiente, respecto al centro del círculo excéntrico sobre la que se realiza el movimiento, una velocidad angular también variable, poseen todavía una velocidad angular constante respecto a un punto determinado, localizado en el interior de la circunferencia en cuestión, llamado punctum aequans (punto equante); para los planetas externos y para Venus, Ptolomeo sitúa este punto equante sobre la línea que pasa por la Tierra y el centro del círculo deferente (línea de las abscisas), a una distancia de éste, igual a su distancia a la Tierra (excentricidad), y, por lo tanto, simétricamente respecto a ésta; lo que, técnicamente, se llama "bisección de la excentricidad". El punto equante es considerado el centro de un círculo ficticio (círculo ecuante), igual al deferente, sobre el que se supone que está situado el centro del epiciclo y cuyos arcos, recorridos por un movimiento uniforme (ficticio), dan la medida de su movimiento. Para Mercurio y la Luna el mecanismo es más complicado. En el caso de Mercurio el punctum aequans está situado entre la tierra y el centro del epiciclo del deferente móvil del planeta; en el de la Luna es móvil el punctum aequans mismo" (1)

¿Cómo está procediendo Ptolomeo?, esto es ¿cómo trabaja? veamos que dice él mismo: " El propósito y la mira que deben guiar al mate-

mático han de ser demostrar que todos los fenómenos se deducen de movimientos sencillos y regulares. Hay que procurar, sobre todo, que las hipótesis se armonicen (epharmosthai) con los movimientos celestes comenzando por ensayar las hipótesis más sencillas; y si éstas no se armonizan, echar mano de las que posiblemente armonicen" (2).

No obstante admitir Ptolomeo el principio de representar los fenómenos celestes mediante movimientos circulares uniformes ("Para salvar los fenómenos"), su método es ya otro. Comenta Neugebauer: "Ptolomeo is work is exclusively concerned with the description of one unified method for the representation of the celestial phenofena. On the basis of the Almagest we would have no idea about the -- existence of totally different methods, Greek and Oriental, which preceded and occasionally even survived the Almagest" (3).

Este método de Ptolomeo es producto de la forzada cometida al principio del movimiento circular; ahora sólo señalamos este -- punto y volveremos sobre él. Por el momento quisiéramos profundizar un poco sobre el plan de Ptolomeo. Convendría entonces transcribir un comentario de García Bacca: con y a partir de Ptolomeo "El astrónomo debe proponerse y debe tirar a demostrar (deixai), no a sus-tituir (hypothesis): a poner bajo, cual base de los movimientos dados, otros movimientos no dados; pero, en fin, todos los movimientos de la misma especie real; que esto no es demostrar, sino sustituir o fundamentar sólidos en más sólidos, adobes sobre piedra; debe, más bien, proponerse, como un a priori (pró) y proponerse él -el astrónomo en cuanto tal, en cuanto a hombre de ciencia, no en cuanto a observador-, 'demostrar' (deixai), servirse de la lógica,

de la geometría, demostrada lógicamente (no intuitivamente), de aritmética demostrada lógicamente (no intuitivamente)" (4).

Lo que ha ocurrido con Ptolomeo es que lo lógico no puede ser considerado como hipótesis en el sentido real (de peldaño o escalón para ascender a otras realidades bien firmes y afianzadas), sino más bien como simples ficciones (pláttein) para hacer aparecer demostrativamente las proporciones que visiblemente se tienen de los astros. Comenta Proclo: "No hay que proceder (en astronomía) como en las otras ciencias, que se parte de hipótesis o posiciones básicas para llegar a consecuencias bien definidas (simperasma); sino al revés lo que hay que hacer es partir de las consecuencias y fingir (pláttein) entonces hipótesis que permitan demostrarlas (deixai)" (5).

A partir de aquí las hipótesis en astronomía no tienen ya un carácter óntico sino fenomenológico: se hace que los fenómenos celestes en su manifestarse propio de luz ( y no matemática) hablen para el astrónomo en lógica. Lo lógico (la estructura de la cosa) sólo puede pro-ponerse frente a lo real. Es el lugar de las apariciones objetivas no real.

Para el astrónomo platónico algunos cuerpos celestes violan las leyes de la luz y el cosmos (orden) al no manifestarse con formas circulares perfectas y homocéntricas; si se presentaran así, la astronomía estaría hecha por estar como alethia, como hipótesis-postulado y no hay interpretación, la tarea es sólo sustituir unos entes por otros.

Ptolomeo, profundamente impactado por la demostración de Apolonio acerca de la equivalencia lógica entre la teoría de los epiciclos y la de las excéntricas, descubrirá el poder de la geometría y su capacidad deductiva cuando se le usa para interpretar lo real. Sus hipótesis son hipótesis-conjetura con valor hermenéutico. Ptolomeo ha encontrado que lo lógico, lo lógico-aritmético y lo lógico-geométrico pueden ser, además de entes o realidades eidéticas, lugares sistemáticos de apariciones objetivas, y reales, de los cuerpos celestes. (Nótese la persistencia del programa eidético, sin causalidad real).

Lo anterior constituye el aspecto positivo de la aportación epistemológica de Ptolomeo a la historia de la Física; pero, recordando a Bachelard: " El conocimiento de lo real es una luz que siempre proyecta alguna sombra. Jamás es inmediata y plena" (6). Ocurre que en el método de Ptolomeo, en su pretensión de explicar al Cielo mediante el principio de movimientos circulares y ante la seducción del poder hermenéutico de la lógica de la matemática, traiciona un tanto a aquel (al principio), al forzarlo con la introducción del círculo ecuante, ya que el resultado que da es el abandono por parte de los astrónomos, de la pretensión de dar una explicación "física" del Cielo.

Ciertamente, para el griego el principio de representar los movimientos celestes mediante el uso de círculos, funciona como explicación "física", dado que en la física aristotélica es un movimiento natural, no violento y por lo mismo eterno. Para el griego los astros eran incorruptibles y la causa real no encontraba ahí lugar; el Cielo resulta eidético. Con el método platónico "encontramos una --



ruptura entre la astronomía matemática y la astronomía física" (7).  
En adelante los filósofos y cosmólogos, aduciendo razones físicas  
continuarán admitiendo que los astros se mueven por movimientos uni-  
formes de las orbes corporales; los astrónomos matemáticos olvidan  
el problema físico y su objetivo lo constituye determinar las posi-  
ciones de los planetas. "...Desde el principio y sobre todo desde  
el renacimiento del interés por los estudios sobre la astronomía  
Ptolemáica es en la segunda mitad del siglo XV, la oposición entre  
filósofos y matemáticos da origen: a) a las tentativas de armonizar  
los sistemas de Aristóteles y Ptolomeo y b) a las tentativas de --  
abolir del todo el problema presentando como objeto y fin de la astro-  
nomía matemática no una representación de la realidad cósmica sino  
simplemente la previsión de las posiciones observables de los pla-  
netas" (8).

Ha quedado con los griegos constituida una sinemática celeste  
matemática y una mecánica terrestre ( que no lo es respecto a la  
actual) dentro de ese cosmos en el que Cielo y Tierra se oponen.  
Habrà de darse un largo período de desarrollo dialéctico de los  
conceptos para la unificación. Mientras tanto habrá de permanecer  
esta oposición estéril. "Nada parece revelar de manera más sorpren-  
dente la oposición profunda del mundo celeste y el mundo terrestre  
-mundo de la precisión y mundo del más o menos- por el pensamiento  
griego y su impotencia a superar esta dualidad radical que su inca-  
pacidad de concebir una medida unitaria del tiempo. Porque si el  
organa cronou del cielo si la vuelta celeste con sus revoluciones  
eternamente uniformes, crea -o determina- divisiones rigurosamente  
iguales de tiempo, si por este hecho el día sideral es de una lon--

gitud perfectamente constante, no sucede lo mismo para el tiempo de la Tierra, para nuestro propio tiempo. Para nosotros el día solar se descompone en un día y una noche de duración esencialmente variable, y día y noche se subdividen en un número igual de horas que son no obstante, de duración igualmente variable, más o menos largas o más o menos cortas, dependiendo de la estación. Tal situación está profundamente incorporada en la conciencia y en la vida griegas que, paradoja suprema, el cuadrante solar, el instrumento que transmite a la tierra el mensaje del movimiento de los cielos, es liberado de su principal función, y lo vemos forzado a marcar las horas más o menos largas del mundo del más o menos" (9).

NOTAS AL CAPITULO IV

- (1) A. Koyré. La Rivoluzione... pp 73-74. Cf. también: Holton y Roller, op. cit. pp 112-115; J. L.E. Dreyer, op. cit. pp 191-207. A. Pannekoek, op. cit. pp 133-144.
- (2) Mathemathiké Syntaxis. citado por García Bacca, op. cit. pp 43.
- (3) Op. cit. pp 45.
- (4) Op. cit. pp 44.
- (5) Citado por García Bacca op cit. pp 42. Sobre Proclo científico, ver David E. Smith: History of Mathematics. New York, Dover 1951 Vol. I, pp 137-138. Sobre Proclo filósofo ver P. Sandor op cit. pp 39-44. Comentando este mismo pasaje de Proclo, R. Blanché obtiene el procedimiento hipotético-deductivo con el que caracteriza a la ciencia (op. cit. pp 24). Encuentra además objeciones de tipo lógico ("la verdad de la consecuencia no nos asegura la de los principios") y continua (siguiendo a P. Duhem) con comentarios de Simplicio. Resulta "natural" seguir este camino dado que Proclo (neoplatónico) y Simplicio (neorristotélico) son los principales comentaristas y transmisores de las ideas de los griegos en la antigüedad. Sería muy interesante poder profundizar en los problemas que esta situación conlleva, problemas muy vinculados con la política (El Poder) en filosofía; entre otras cosas fuente del realismo y el positivismo y la polémica entre éstos. Al respecto comenta Koyré: "La historia de esta discusión entre 'realista' y positivista', discusión que se inicia en la ciencia helenística con Proclo y Simplicio y prosigue en la cien-

cia árabe y la escolástica latina, ...(ha dado) lugar a peripecias y a alianzas sorprendentes (así los averroistas que niegan resueltamente la realidad de los círculos de la astronomía y adoptan, por fidelidad a Aristóteles, una epistemología fenomenista por los astrónomos, los encontramos aliados a los nominalistas occamistas que niegan el valor objetivo de la ciencia natural en cuanto tal a propósito no de Aristóteles, sino de la revelación)". (La Rivoluzione... pp70-71). Cf. también de Koyré, EHPC pp 69-70 y P. Duhem, op. cit. Vols. I-VI.

- (6) Gastón Bachelard: La formación del espíritu científico. Bs.As. Siglo XXI. 1972. pp 15
- (7) A. Koyré. EHPC pp 82
- (8) A. Koyré. La Rev. Ast. p 21.
- (9) A. Koyré. Dal Mondo..... pp 91-92.



El período correspondiente a la Edad Media lo dejaremos enteramente de lado no obstante la ocurrencia de grandes polémicas y surgimiento de algunas teorías nuevas (1). Omisión que resulta tolerable si observamos que la Edad Media no se mueve, de manera relevante, más allá del aristotelismo. (así, en la baja Edad Media encontramos al aristotelismo tratando problemas geológicos y al platonismo sin influencia (2). En su etapa intermedia, a Tomás de Aquino, armonizando teología y ciencia natural "puesto que los descubrimientos de la ciencia moderna contradicen de un modo demasiado evidente al ordo escolástico y a la metafísica aristotélica" (3). El desarrollo de la teoría del ímpetu y diversas teorías ópticas (4). Etc.).

La percepción del tiempo sigue siendo la de un tiempo mundano divisible y un tiempo celestial eterno. "Para los medievales el tiempo era finito, había tenido 'principio' (en el momento en el que Dios había 'creado los cielos y la tierra', el 'primer día') y tendría 'fín' (en el momento de la 'resurrección de la carne'): entonces se daría paso a una 'eternidad' entendida como la perpetua continuación de un instante (al modo parmenideo), es decir, la ausencia de tiempo propiamente dicho. Había, pues, una división tajante en dos esferas temporalmente distintas y autónomas: una era la del mundo real, y la otra era la del 'Cielo'. La 'cuenta' del tiempo real sólo tenía sentido en tanto funcionaba en relación con la eternidad. Había que 'aprovechar' esta vida (no 'aprovechar el tiempo' como dicen los atareados empresarios hoy en día) para poder 'disfrutar' de la 'otra'. El domingo era el 'día del

señor' (dominus) y el resto de los días, si bien había perdido su vinculación con los dioses y planetas que los romanos concedían, conservaba una relación cualitativa con el santoral cristiano y la inmensa cantidad de fiestas religiosas en ellos implicada " (5).

La existencia de este tiempo divisible para la Tierra surge como bien definido y fundamentado con la invención de los primeros relojes mecánicos en los monasterios. Comenta L. Mumford: "La primera manifestación del orden nuevo tuvo lugar en el cuadro general del mundo: durante los siete primeros siglos de la existencia de la máquina (siglos X a XVII) las categorías de tiempo y espacio experimentaron un cambio extraordinario, y ningún aspecto de la vida quedó sin ser tocado por esa transformación. La aplicación de métodos cualitativos de pensamiento al estudio de la naturaleza tuvo su primera manifestación en la medida regular del tiempo; y el nuevo concepto mecánico del tiempo surgió en parte de la rutina del monasterio... Según una leyenda hoy desacreditada, el primer reloj mecánico que funcionaba con pesas, fué inventado por el monje Gerberto que fué después el Papa Silvestre II, casi al final del siglo X. Este reloj debió de ser probablemente un reloj de agua, uno de esos legados del mundo antiguo conservado directamente desde tiempos de los romanos, como la rueda hidráulica misma, o llegado nuevamente a Occidente a través de los árabes... En todo caso hacia el siglo XIII existen claros registros de relojes mecánicos y hacia 1370 - Heinrich von Wyck había construido en París un reloj 'moderno' bien proyectado" (6).

El período que nos va a importar presentar ahora es el compren-

dido por El Renacimiento y la así llamada Epoca Moderna. Es el caso aquí de una rápida catalización en el cambio epistemológico-conceptual hacia un mundo opuesto al aristotélico. Período éste de gran conmoción, como resultado de numerosas condicionantes históricas. "El gran enemigo del Renacimiento, desde el punto de vista filosófico y científico fue la síntesis aristotélica, y se puede decir que su gran obra fue la destrucción de esta síntesis" (7).

El cardenal Nicolás de Cusa es una de las figuras más relevantes de este período y contribuyen enormemente a la destrucción del cosmos antiguo; de él comenta Dilthey: "Toda la filosofía occidental se conjuga en él con la arábiga y con el Renacimiento griego: así se convierte en el iniciador de una nueva época y en él encontramos los conceptos fundamentales de la nueva visión panteísta del mundo: la infinitud de Dios, la conciencia en El de los antagonismos que el mundo contiene" (8).

Su influencia es ejercida desde el terreno filosófico más que desde el científico (astronómico). Desde esta perspectiva se comprende correctamente la afirmación de que " la Tierra es una estrella móvil"; que la ha desplazado del centro del mundo proclamando que el centro del mundo no existe dado que el mundo es "una esfera infinita teniendo su centro en todas partes y su circunferencia en ningún lugar" (9). Dice Koyré: "Su cosmología, científicamente hablando es inexistente, ... sus concepciones astronómicas son totalmente vagas y a menudo totalmente erróneas ( atribuye por ejemplo una luz propia, lo mismo a la Luna que a la Tierra)" (10)



"Nicolás de Cusa es el primer filósofo que refuta la concepción medieval y aristotélica del cosmos. Es él quien afirma, por primera vez, la infinitud del espacio" (11). Afirmación hecha de manera negativa (no determinación del universo) y que más tarde será proclamada en términos positivos. Otra de las proposiciones que deviene de máxima importancia es la referente a que "la Tierra es una estrella noble (Terra est stella nobilis)" (12). La trascendencia de este enunciado es en el sentido que afirma la igualdad ontológica entre los cielos y la tierra. Si no es posible hacer ya esta diferenciación, la tierra deberá comportarse de manera semejante a los demás astros y podremos caracterizarla con medios similares a los empleados para la determinación del Cielo.

Las consecuencias de la igualdad ontológica Cielo-Tierra no habrán de hacerse esperar: "Por imperfecta que sea la astronomía copernicana desde el punto de vista físico o mecánico identifica sin embargo, la estructura física de la Tierra con la de los astros celestes, dotándolos a todos de un mismo movimiento circular. Igualmente asimila mutuamente el mundo sublunar y el mundo supralunar, de este modo realiza la primera etapa de la identificación de la materia o los seres que componen el universo, de destrucción de esa estructura jerárquica que dominaba el mundo aristotélico" (13).

Lo que Copérnico quiere para la explicación de los fenómenos celestes es, todavía, movimientos circulares, pero "no queriendo suponer en su mecánica celeste sino movimientos realmente uniformes" (14). Se restituye con ésto a la tradición astronómica el lazo "físico" que la cosmología había tenido que sacrificar des--

pués de Ptolomeo. Es ésto, ciertamente, lo que constituyó la principal preocupación de Copérnico: ese famoso ecuante que introducía en los cielos un movimiento no uniforme "por eso su discípulo Rético nos dice que la gran ventaja de la nueva astronomía consiste en el hecho de que nos libera de los ecuanes, es decir, que nos dá al fín una imagen coherente de la realidad cósmica, y no dos imágenes, una la de los filósofos y otra la de los astrónomos matemáticos, que, por lo demás, no concordaban entre sí" (15).

La objeción fundamental de Copérnico a los propulsores del geocentrismo -objeción más dirigida a Aristóteles que a Ptolomeo-, es que resulta absurdo querer mover el locus (lugar) en vez del locatum (aquéllo que en el lugar está contenido) y que por consiguiente el cielo estrellado que para Aristóteles es el locus del universo, debe ser considerado inmóvil. Las consecuencias de esta objeción son de orden físico (los astros y la tierra tienen la misma naturaleza y consecuentemente habrán de comportarse similarmente), amén de las filosóficas. Sin embargo, la física que dará cuenta de estos cuerpos seguirá siendo aristotélica. Copérnico: acepta la distinción entre movimiento natural y violento; en compensación afirma que las mismas leyes se aplican al cielo y a la tierra y, haciendo esto, sienta las bases de la profunda transformación del pensamiento humano al que la historia ha dado el nombre de revolución copernicana (16).

La dinámica celeste de Copérnico no es ciertamente "moderna". Copérnico geometriza la naturaleza: los astros giran, no porque tengan una cierta naturaleza específica, sino simplemente porque son esféricos (como simplicidad ontológica de esta geometría natural)

"Es como 'matemático', esto es, como geómetra que él ve el universo. También su estética es geométrica: Estética de la geometría o, más precisamente, de la óptica geométrica" (17). Copérnico supone que la forma esférica, que es geoméricamente la más perfecta y a la cual todos los cuerpos naturales tienden debido a su perfección, no sea solamente la más apta a su movimiento (lo que siempre se había pensado), sino que sea además una causa suficiente y genere de manera natural el más perfecto y natural de los movimientos, esto es, el circular. "En la dinámica de Copérnico, el movimiento (circular) es causado por la forma esférica de los cuerpos (o es debido a ella). Los cuerpos giran porque son redondos, sin tener necesidad, por ésto, de un motor externo, y ni siquiera un motor interno" (18).

Apreciemos en esto último la indiferencia que Copérnico da a los astros por no derivar su movimiento de otra cosa que su forma esférica: su movimiento no se debe a interacciones; la acción es aquí desplazamiento. Resulta enteramente congruente con su sistema que Copérnico considere a su heliocentrismo como accidental: "si Copérnico sitúa al Sol en el centro del universo no lo coloca sin embargo al centro de los movimientos celestes: el centro del orbe de la Tierra, así como los orbes de los planetas, no se encuentran efectivamente en el Sol, sino sólo en las cercanías de él; y es no hacia el Sol, hacia el centro del orbe de la Tierra -excéntrica respecto al Sol- que son referidos los movimientos planetarios" (19). Tal vez haya sido por razones de estética o de metafísica, por consideraciones de armonía, que Copérnico haya accedido al heliocentrismo. "Siendo el Sol la fuente de la luz, y siendo la luz lo más bello y mejor del mundo, le parecía conforme a la razón que rige al mundo y que lo crea, que esta luminaria estuviera colocada en el centro del universo que se encarga de iluminar" (20).

Este universo heliocéntrico de Copérnico, es todavía, bajo su propia concepción, finito, aunque no medible, con límite en las estrellas fijas. "Copérnico... no es un copernicano. Copérnico no es 'moderno'. Su universo no es el espacio infinito de la física clásica, sino que tiene límite, como el de Aristóteles. Cierro que es más grande, mucho más grande, tanto que no es medible (immensum) y todavía es finito, contenido, -ilimitado- por la esfera de las estrellas fijas" (21).

No ha sido nuestra intención presentar un panorama completo de la labor de Copérnico, sino tan sólo aquellos puntos que resultan relevantes a nuestro propósito (22). Hemos encontrado en Copérnico un primer intento de materializar en el discurso científico (astronómico) la antidoctrina (contra Aristóteles) del Renacimiento (De Cusa); su luz y su sombra: la Tierra es proyectada al cielo y con esto dotada de los movimientos estelares, sin embargo, la explicación (interpretación) no deja de ser eidética: ha conservado los orbes y éstos giran por razones geométricas. Nótese que no encontramos hasta este momento elementos suficientes para validar una teoría astronómica u otra.

La historia del pensamiento científico no es lineal. "La ciencia consiste en una sucesión de aproximaciones y, por lo tanto, en cada estado de la misma se obtienen ciertos resultados" (23). Los trabajos de Tycho Brahe, desde un punto de vista lógico, deberían colocarse entre Ptolomeo y Copérnico. Los motivos por los que Tycho Brahe retrocede en relación a Copérnico son de dos órdenes: sus convicciones religiosas, por una parte, que no le permiten aceptar una teoría que contradiga a las Sagradas Escrituras y, por otra parte, las objeciones que al movimiento de la tierra era necesario oponer

desde el punto de vista de la física (aristotélica).

De dos órdenes son también sus aportaciones positivas a la astronomía. Dió a la astronomía (y a la ciencia en general) algo realmente novedoso: un espíritu de precisión; precisión para observar los fenómenos; precisión en la medida; precisión en la fabricación de instrumentos de medida que sirvan para la observación. Precisión que transformará a la astronomía; y más aún: "con Brahe son los fenómenos mismos de la astronomía los que se modifican" (24). Este cambio en los fenómenos que le permitirá más tarde a Kepler revolucionar la astronomía con reconocimiento de su deuda a Brahe; - así habrá de expresarse en l'Astronomía nova: "dado que la divina gracia nos ha concedido en Tycho Brahe un observador diligentísimo, tal que sus observaciones nos revelan la existencia en los cálculos de Ptolomeo un error de 8', es justo que aceptemos con gratitud este beneficio de Dios y le saquemos provecho. O sea, debemos encontrar el modo de descubrir finalmente la verdadera estructura de los movimientos celestes" (25).

La segunda consideración importante de Tycho Brahe es su destrucción de los orbes celestes en cuanto a objetos reales. "Tycho Brahe ha destruído definitivamente la concepción de las esferas celestes que soportan a los planetas y que rodean la Tierra y el Sol, y por eso mismo -aunque el problema no se haya planteado por sí solo- ha impuesto a sus sucesores la consideración de las causas físicas de los movimientos celestes" (26). Después de recibir Tycho el primer libro de Kepler (Mysterium cosmographicum), habrá de escribirle el 9 de diciembre de 1599 diciendo: "Aquello que, principalmente, no

puedo aprobar de tu ingenioso escrito, es el error que tu cometes, por otra parte en común con muchos otros, atribuyendo una cierta realidad a los orbes celestes" (27).

Resulta curioso señalar que la pretensión de Brahe al destruir las orbes celestes, es condenar la concepción copernicana, excluyendo la posibilidad del movimiento orbital de la Tierra. En cuanto a la causa del movimiento de los astros, según Brahe, es la posesión de un alma motriz. Pero lo relevante es que "sólo con Tycho Brahe -o más exactamente, como anota Kepler, después de la 'destrucción' de las esferas y de los orbes sólidos por la obra de Tycho Brahe- el problema de los movimientos planetarios, o sea de sus causas, pudo devenir actual." (28)

La discusión de Brahe contra el copernicaismo, en último análisis, son los argumentos de Aristóteles los que emplea para objetar el movimiento de la Tierra. Es entonces la física, o la metafísica, de Aristóteles lo que necesitaba ponerse en juicio. Kepler habrá de contribuir enormemente a tal propósito. La inspiración profunda de Kepler, según el mismo, consiste "en la sustitución por una 'filosofía' o una 'física celeste' de la 'telogía' o de la 'metafísica' de Aristóteles; en la demostración de que esta 'física celeste' debe ser elaborada mediante la geometría del cálculo y que la 'física celeste' y la 'física terrestre' no son en última instancia dos 'físicas' sino solo una" (29). Kepler considera, efectivamente, un propósito perfectamente razonable buscar los principios arquitectónicos que han determinado la estructura y composición del cosmos, y no como ha hecho Copérnico, limitarse a revelar el principio de orden

del sistema solar; esto es, no decir que los planetas completan sus revoluciones en torno al sol en períodos más grandes cuanto más alejados se encuentran, sino preguntar porqué los planetas superiores son más lentos que los inferiores, y porqué son un número determinado (6 y no 4, 10 o 20) de planetas. Estos porqués no se refieren al fin perseguido por Dios, no se busca una explicación teológica o teleológica; se trata más bien de descubrir en primer término las leyes de estructura que en el espíritu del Creador han precedido a la creación del Mundo. Para Kepler estas leyes no son sino leyes matemáticas (leyes geométricas). Se trata, pues, de determinar los medios físicos (dinámicos) usados por el arquitecto divino para imprimir el movimiento al sistema solar. Esto habrá de intentarlo en su primera obra, el Mysterium cosmographicum.

En la Astronomía nova -segunda obra de Kepler- y después en el Epitome, se propone precisar la naturaleza de la fuerza que mueve a los planetas (más exactamente, sustituir una fuerza física, quasi magnética por la fuerza "animal" empleada como explicación - en el Mysterium cosmographicum) y determinar las leyes matemáticas que gobiernan su acción; además, elaborar, sobre la base de los datos de observación obtenido de la obra de Tycho Brahe una nueva teoría del movimiento planetario.

"La Astronomía nova de J. Kepler es verdaderamente una nueva astronomía. En un cierto sentido, incluso más nueva que la de Copérnico, porque es en ella que se ha abandonado por primera vez, el principio que Platón había imprimido a esta ciencia como su fundamento y que la había dominado por 2,000 años: el principio por el que el movimiento de los cuerpos celestes es necesariamente circular

-o compuesto por movimientos circulares. Es, por primera vez, que el movimiento de los cuerpos celestes es explicado mediante la acción de una fuerza física. 'Astronomia nova ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΤΟΣ seu Physica coelestis tradita commentarius de motibus stellae Martis', esto es: 'Astronomía nueva, fundada sobre las causas o física celeste, expuesta en comentarios sobre el movimiento de la estrella Marte': el título mismo de la obra de Kepler anuncia, o mejor, proclama, una revolución" (30).

El objetivo que persigue Kepler es radicalmente ambicioso y moderno: desear reconstituir (o con mayor precisión: establecer) la unidad de la concepción científica del mundo, la unidad entre física y astronomía, Tierra y Cielo. Esta unidad se dará por la explicación causal. "La concepción Kepleriana ha tenido para la historia una importancia capital. La pregunta A quo moveantur planetae? (¿qué mueve a los planetas?) -que él fue el primero o al menos uno de los primeros en plantearse- se junta al famoso problema: A quo moveantur projecta? (¿qué mueve a los proyectiles?) alrededor del cual desde siempre, se había cristalizado la crítica a la dinámica aristotélica. Y puede decirse que la ciencia moderna, unión de la física terrestre y de la física celeste, nació el día en que la misma respuesta pudo ser dada a esta doble pregunta" (31).

Para lograr este objetivo, nos dice el mismo Kepler que: el primer paso en la indagación de las causas físicas de los movimientos (de los planetas) consiste en demostrar que el punto común de las excéntricas (o sea el punto al cual deben ser referidos los movimientos de los orbes excéntricos de los planetas) no es un punto cual-



quiera próximo al sol, como habían creído Copérnico y Tycho Brahe, sino que es el centro del cuerpo solar mismo" (32). Contra lo que pudiera esperarse Kepler ha hecho esta elección por el sol llevado, en mucho, por una adoración al sol más intensa aún que la de Copérnico.

En la física celeste de Kepler, el sol no es un centro de gravitación: es un centro de movimientos porque es un centro de fuerzas magnéticas y cuasi-magnéticas (33). El sol, en efecto, está animado de un movimiento de rotación y es éste el movimiento que él transmite a los planetas por medio de una species motrix inmaterial, análoga a la vez a la luz y a la fuerza magnética. Esta species se expande a través del espacio y, debido a esto, se atenúa y se debilita por su alejamiento del sol; lo cual explica que los planetas se muevan tanto más lentamente cuanto más alejados del sol, y tanto más rápido cuanto más cercanos estén a él.

"Ahora, si es la noción de atracción la que permite a Kepler responder a las objeciones clásicas -representadas por Tycho Brahe- contra el movimiento de la tierra (la piedra arrojada verticalmente en el aire que ya no podría, si la Tierra se moviese, caer en el lugar en el cual fue lanzada; la bala de un cañón apuntando al norte o al sur que ya no podría alcanzar el blanco), es aquella de inercia, último vestigio de la ontología aristotélica, que le permite sostener con argumentos físicos la verdad de la astronomía de Copérnico" (34).

Efectivamente, el término inercia -que él inventó o al menos

introdujo a la ciencia- "significa para él la resistencia que los cuerpos oponen al movimiento y no, como para Newton, al paso del estado del movimiento al de reposo, y del reposo al del movimiento" (35). Para Kepler reposo y movimiento se oponen y, al igual que Aristóteles y los físicos medievales, requiere de una causa o fuerza para explicar el movimiento y no la necesita para explicar el reposo (36); cree como ellos que los cuerpos en movimiento, separados del móvil o sin la persistencia de la influencia de la propiedad o fuerza motriz no podrán continuar su movimiento, sino que, al contrario, se detendrán. Como decían los aristotélicos: si ne causa non est effectus y cessante causa cessat effectus. Y es justamente por esta vinculación con la teoría del ímpetu que Kepler no propone una solución satisfactoria al problema de la unidad del Ciclo y la Tierra; es la causalidad aristotélica que cerró la fecundidad de su sistema. "El gran Kepler, el fundador de la astronomía moderna, el mismo hombre que proclamó la unidad de la materia en el universo y afirmó que ubi materia, ibi geometría, fracasó en el establecimiento de la base de la ciencia física moderna por una razón, entre otras: creía que el movimiento era ontológicamente de un nivel de ser más elevado que el reposo" (37). Con Kepler comprobamos a Bachelard: " Ante todo es necesario saber plantear los problemas. Y díjase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que se indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo, nada está dado, todo se construye " (38).

Habíamos encontrado ya en Copérnico una cierta unidad de los - Ciclos con la Tierra postulada en términos eidéticos (geométricos). Con Kepler se refuerza esta unidad y se le añade un factor indispensable el lazo causal real; sin embargo esta causalidad kepleriana es la derivada de la teoría del ímpetu, que no ofrece una razón suficiente. "El fracaso de Kepler se explica, sin duda, por el hecho de que, dominado por la idea de un mundo bien ordenado, no puede admitir la de un universo infinito" (39). Kepler, que admite el movimiento orbital de la Tierra siguiendo a Copérnico, estaría obligado a extender las dimensiones del universo para explicar la ausencia de paralajes de las estrellas fijas, sin embargo no puede admitir de todos modos la infinitud del mundo. El universo sigue siendo para él finito. El mundo celeste es inmensamente grande; su diámetro equivale a seis millones de veces el diámetro terrestre, pero es finito. La infinitud del mundo es metafísicamente imposible. Además, no parece imponerla ninguna consideración científica. Esta infinitud del universo "Giordano Bruno es casi el único en admitirla; pero justamente Bruno no es ni astrónomo ni sabio; es un metafísico cuya visión del mundo se adelanta a la de la ciencia de su tiempo" (40). Bruno ha comprendido mejor que nadie que la reforma de la astronomía llevada a cabo por Copérnico implica un abandono total y definitivo de la idea de un universo estructurado y jerárquicamente ordenado. Por ello proclama con una osadía sin paragón la idea de un universo infinito.

En la interminable disputa en torno a la dinámica aristotélica respecto a la pregunta A quo moveantur projecta? Copérnico hubo de intervenir desde la perspectiva de una concepción mítica de la naturaleza común de la tierra y de las cosas terrestres. Para responder adecuadamente a este problema, habría que darse un cambio radical en

la concepción de la unidad Tierra-Cielo, cambio que en la ciencia posterior estará basado en el concepto del sistema físico apoyado en una relatividad física no óptica del movimiento. "La concepción del sistema físico, o más exactamente el mecánico estaba implícitamente presente en los argumentos de Copérnico, fue elaborada por Giordano Bruno. Bruno descubrió, por una intuición genial, que la nueva astronomía debía abandonar inmediatamente la concepción de un mundo cerrado y finito para sustituirla por la de un universo abierto e infinito. Esto implica el abandono de la noción de lugares naturales y, por tanto de la de movimientos 'naturales' opuestos a los no naturales o 'violentos'. En el universo infinito de Bruno, en el que la concepción platónica del espacio comprendido como 'receptáculo' sustituye a la concepción aristotélica del espacio comprendido como 'envoltura', los 'lugares' son perfectamente equivalentes y, por consiguiente, perfectamente naturales para todos los cuerpos cualesquiera que sean. Allí donde Copérnico hace una distinción entre el movimiento 'natural' de la tierra y el movimiento 'violento' de las cosas que están sobre la tierra, Bruno los asimila". (41).

Bruno demuestra que el lugar de origen en cuanto tal no juega ningún papel en la definición del movimiento del móvil. lo que realmente es importante es la unión (o carencia de) entre este lugar y el sistema mecánico. Un "lugar" idéntico puede muy bien ser el caso que pertenezca a dos o varios sistemas.

Bruno habrá de sustituir la dinámica aristotélica por la del ímpetus de los nominalistas parisienses. Este habrá de ser uno de sus límites más fuertes; sin embargo, el planteamiento anterior es correcto, lo que es necesario hacer es encontrar una dinámica apropiada ca

pas de dar una respuesta necesaria y suficiente a la pregunta A quo  
moveantur projecta?. Así se ha abierto el terreno de las ideas sobre el Cielo y la Tierra en el Renacimiento, resultando ser posibilidad y campo de la transformación operada por Galileo.

NOTAS AL CAPITULO V

- (1) Puede verse: Eduardo Jeauneau: La filosofía medieval Bs. As. EUDEBA 1965. Paul Vignaux: El pensamiento en la edad media. México, F.C.E. 1954. Alastair C. Crombie: Historia de la -- Ciencia, de San Agustín a Galileo. Madrid, Alianza, 1974.
- (2) Cf. A. Koyré: "Aristotelismo y Platonismo".
- (3) Max Horkheimer: Crítica de la razón instrumental. Bs. As. - Sur 1973. p. 75. Cf. También L. Brunschwig. Op. cit. pp. 166-180.
- (4) Cf. A. Koyré: "Los orígenes de la ciencia moderna".
- (5) Jaime Labastida: Producción, Ciencia y Sociedad: de Descartes a Marx. México Siglo XXI, 1976 p. 214. Anota enseguida que "Podemos encontrar esta concepción, con bastante nitidez entre mayas y aztecas". Lo que no deja de resultarnos interesante.
- (6) Lewis Mumford: Técnica y Civilización. Madrid, Alianza, 1977. pp. 29-31.
- (7) A. Koyré: "La aportación científica del Renacimiento". En este mismo estudio puede encontrarse una caracterización, un tanto in completa del Renacimiento. Una caracterización extendida a la época moderna se encuentra en S. Ramírez, Op. Cit. pp. 112 a 115. Igualmente en M. Heidegger: "La época de la imagen del mundo". en Sondas Perdidas. pp. 68-69; aunque referido en especial a la época moderna, este estudio contiene importantes comentarios de períodos anteriores. Pueden verse también las anotaciones que so bre este último estudio hace Ramírez. Op. cit. pp. 374-377.
- (8) Wilhelm Dilthey: Historia de la Filosofía. México, F.C.E. 1967. p. 136.

- (9) Nicolás de Cusa. La docta ignorancia. (Madrid, Aguilar, 1976).
- (10) A. Koyré. La Rivoluzione... p. 63.
- (11) S. Ramírez. Op. cit. p. 119.
- (12) A. Koyré. EHPC. p. 5.
- (13) Ibid. p. 46.
- (14) A. Koyré. La Riv. Ast. p. 74.
- (15) A. Koyré. EHPC p. 82. Cf. asimismo La Riv. Ast. pp. 25-29. En este mismo texto, p. 15, dice: "El problema copernicano fue sobretodo un problema físico y cosmológico".
- (16) A. Koyré. La Riv. Cop. p. 50.
- (17) Ibid. p. 51.
- (18) Ibid. p. 57.
- (19) Ibid. p. 57.
- (20) A. Koyré. EHPC p. 83. Esta heliolatría de Copérnico que será más intensa en Kepler no deja de resultarnos interesante y provocadora hacia su historia. "Sólo las viejas tradiciones. la tradición de la metafísica de la luz (que durante el medioevo entero subyace y acompaña al estudio de la óptica), la reminiscencia platónica y el renacimiento neoplatónico y neopitagórico (El Sol visible que representa el Sol invisible, el Sol, Señor y Rey del mundo visible, y de aquí símbolo de Dios, concepción Marsilio Ficino nos da una expresión muy alta en su himno al Sol) pueden explicar la emoción con la que Copérnico habla del Sol, que adora y exalta casi al punto de divinizarlo" (Koyré, Riv. Ast. p. 58).
- (21) Koyré, La Riv. Ast. p. 58.
- (22) Como diría T. S. Kuhn: "Un estudio más amplio revelaría también la presión social en pro de la reforma del calendario, presión que volvió particularmente apremiante el enigma de la precesión,...la crítica medieval a Aristóteles, el ascenso del neoplatonismo en el

Renacimiento, así como también otros elementos históricos significativos". (La Estructura de las Revoluciones Científicas, Méx. FCE, 1971. p.117). Cf. también: T.S.Kuhn: The Copernican Revolution. Cambridge, Mass., 1957.

(23). G. \_achelard. El Compromiso Racionalista. Bs. As. Siglo XXI. 1973. p. 89.

(24). A. Koyré. La Rivoluzione... p. 130. Es necesario que a partir de aquí Kepler abandona esta posición, produciendo su Astronomia nova donde los orbes son definitivamente superados.

(28). Ibid. p. 398.

(30). Ibid. 134.

(29). Ibid. p. 100.

(31). A. Koyré. "La gravitación Universal: de Kepler a Newton" en Etudes Newtoniennes. Cf. también en La Riv. Ast. pp. 151-162.

(32). Kpler: Astronomia nova (citado por Koyré, La Riv., p. 136).

(33). Cf. Koyré. La Rivoluzione.... pp. 162-186; y "La gravitación universal...." Encontramos aquí una fuerte influencia de Demagnete; sobre éste puede verse: Mary B. Hesse, Forces and Fields. Little field, Adams & Co, New Jersey, 1965. pp.86-91.

(34). A. Koyré. La Riv. Ast, pp. 160-161.

(35) Koyré. EHPC. p. 191.

(36). En realidad la noción kepleriana de inercia como resistencia al movimiento, tendencia al reposo, no obstante provenir en línea recta de la física de Aristóteles no es, sin embargo, una concepción estrictamente aristotélica. En efecto, en su dinámica Aristóteles no considera sino las resistencias exteriores al cuerpo en movimiento; por ello, y siendo para él la velocidad de un cuerpo directamente proporcional a la fuerza motriz e inversamente proporcional a la resistencia, esta



velocidad, en el vacío, sería infinita. La inercia kepleriana es, a diferencia, una resistencia interna y tendría validez tanto en el vacío como fuera de él: por ello la velocidad de los planetas es proporcional a la fuerza motriz que actúa sobre ellos, e inversamente proporcional a su "inercia natural" que es función de su volumen. (Cf. Koyré: "Galiléé et la loi d'inertie" en Etudes Galiléennes (París, Hermann, 1966), "J.B. Benedetti, crítico de Aristóteles" y "Galileo y la revolución científica del siglo XVII" en EHPC.

(37). Koyré. EHPC p. 192.

(38). G. Bachelard. La formación... p. 16.

(39). A. Koyré. EHPC p. 48. En La Riv. Ast., p. 159 dice: "El espacio kepleriano... (es) finito y cerrado".

(40). A. Koyré. EHPC. p. 86. Cf. asimismo "Galileo y la revolución científica" en EHPC; así como Giordano Bruno: Obras (Le opere italiane de G. Bruno. Beri, Giuz Laterza, 1927). Dorothea Singer: Sobre el infinito universo y los mundos. Bs. As. Aguilar 1972. S. Ramírez, op. cit. pp. 121-122 y A. Koyré: From the closed world to the infinite universe. The Jhon Hopkins University Press, New York, 1957.

(41). A. Koyré. EHPC, p. 188.



...aquí las cosas, si bien se ha logrado dar un tratamiento adecuado a los problemas celestes, y con Kepler y Bruno alcanza su máxima intensidad, otra es la situación que ha ocurrido en la Tierra. La mecánica que se escucha es únicamente la de inspiración aristotélica: bien en la física propiamente aristotélica o bien en su variación constituida por la física del ímpetus; no obstante, la estática ha podido desarrollarse en tal sentido, principalmente con Arquímedes (1), que bajo una visión de futuro anterior la encontraríamos cercana a la física de Galileo. Efectivamente, los trabajos de Galileo están bien pre-parados con las discusiones de los físicos previos (2) (que giraron mucho en torno al problema A quo moveantur projecta?), principalmente con Benvenuto y los nominalistas parisienses (3) y en este sentido es claro que una ciencia no es el producto de un solo hombre - como Galileo y Pécheux- Galileo es el efecto, y no la causa, de una revolución epistemológica designada bajo el nombre de 'galileis- tamente, "una revolución bien preparada continúa - revolución" (5); en "buena Historia" importa el conocimiento de antecedentes con preeminencia de la búsqueda de causas (inexistentes). Dice Canguilhem: "si existieran precursores, la Historia de las ciencias perdería todo su sentido y la ciencia a su vez sólo en apariencia tendría dimensión histórica... un precursor sería un pensador, un investigador que ha recorrido antaño una punta del camino terminado más tarde por otro. La coplacencia en buscar, encontrar, celebrarlo es el síntoma más claro de ineptitud para la historia epistemológica" (6). Los trabajos de P. Duhem concernientes a la física antigua y medieval tienden a liquidar el logor-

Hasta aquí las cosas, si bien se ha logrado dar un tratamiento adecuado a los problemas celestes, y con Kepler y Bruno alcanza su mayor intensidad, otra es la situación que ha ocurrido en la Tierra. La mecánica que se escucha es únicamente la de inspiración aristotélica: bien en la física propiamente aristotélica o bien en su variación constituida por la física del impetus; no obstante esto, la estática ha podido desarrollarse en tal sentido, principalmente con Arquímedes (1), que bajo una visión de futuro anterior la encontraríamos cercana a la física de Galileo. Efectivamente, los trabajos de Galileo están bien preparados con las discusiones de los físicos previos (2) (que giraron mucho en torno al problema A quo moveantur projecta?), principalmente con Benedetti y los nominalistas parisienses (3) y en este sentido es cierto que "una ciencia no es el producto de un solo hombre - como afirman Balibar y Pécheux- Galileo es el efecto, y no la causa, de la ruptura epistemológica designada bajo el nombre de 'galileísmo'" (4). Ciertamente, "una revolución bien preparada continúa - siendo una revolución" (5); en "buena Historia" importa el conocimiento relevante y no la descripción seca del hecho o la simple concarenación de antecedentes con preeminencia de la búsqueda de precursores (inexistentes). Dice Canguilhem: "si existieran precursores en rigor, la Historia de las ciencias perdería todo su sentido, ya que la ciencia a su vez sólo en apariencia tendría dimensión histórica... un precursor sería un pensador, un investigador que habría recorrido antaño una punta del camino terminado más recientemente por otro. La coplacencia en buscar, encontrar, celebrar precursores es el síntoma más claro de ineptitud para la crítica epistemológica" (6). Los trabajos de P. Duhem concernientes a la ciencia antigua y medieval tienden a liquidar el logor -

del Renacimiento estableciendo que los conceptos adjudicados a la ciencia moderna, habían sido ya enunciados, formados, pre-constituidos a partir de la Edad Media. Así entonces, dice: "A despecho de Kepler y Galileo, hoy creemos, con Osiander y Bellarmino, que la hipótesis de la Física son meros artificios matemáticos - destinados a salvar los fenómenos aunque, merced a Kepler y Galileo, les exijamos la salvación simultánea de todos los fenómenos - del Universo inanimado " (7). A lo que Fichant comenta: "Esta frase es contradictoria: para 'salvar simultáneamente todos los fenómenos' era necesario establecer que una misma mecánica y una - misma dinámica regían la Tierra y los Cielos, el mundo sublunar y el mundo de los planetas; era necesario destruir la representación antigua y medieval del cosmos ordenado y jerarquizado: era necesario destruir la idea de Ciencia según Aritóteles y sus comentadores, idea que sólo tiene sentido para semejante representación del Mundo. Para la ciencia clásica, 'salvar simultáneamente todos los fenómenos' era rechazar la jerarquía ontológica de - los niveles del Universo y, al mismo tiempo, la jerarquía de las formas de conocimiento que ella implica. Esta transformación duró más de un siglo, de Copérnico a Newton, definiendo una revolución que ningún continuismo puede explicar" (8).

Este es el sentido de la revolución galileana, como lo muestran los resultados de los estudios de Koyré. Dos son los elementos primordiales, estrechamente vinculados entre sí, que producen la destrucción del cosmos y la geometrización del espacio, citamos: "a) La destrucción del mundo concebido como un todo finito y bien ordenado en la que la estructura espacial representaba (encarnaba) una jerarquía de valor y perfección, mundo en el que - 'por encima' de la tierra, pesada y opaca, centro de la región -

sublunar del cambio y la corrupción, se 'elevaban' las esferas celestes de los astros imponderables, incorruptibles y luminosos; y su sustitución por un universo indefinido, y aún infinito que no comportaba ya ninguna jerarquía natural y unido sólo por la identidad de las leyes que lo rigen en todas partes, así como por el hecho de que sus componentes últimos son los colocados al mismo nivel ontológico; y b) el remplazo de la concepción aristotélica de espacio, conjunto diferenciado de lugares intramundanales, por el espacio de la geometría euclidiana -extensión homogénea y necesariamente finita- desde ahora considerade como idéntica, en su estructura, con el espacio real del Universo " (9).

La noción de "lugar natural" aristotélica, refiere a una concepción puramente estática del orden. Si todo estuviera en "orden" entonces, efectivamente, todas las cosas reposarían en su lugar natural, permanecerían ahí y no se moverían; en este orden de cosas todo movimiento implica un desorden cósmico. una ruptura del equilibrio. Luego, lo que entra en juego es ruptura del equilibrio, regreso al orden; así, se comprende bien que el orden forma un estado estable que tiende a prolongarse indefinidamente. No se siente entonces ninguna necesidad de explicar el reposo, al menos menos el reposo natural de un cuerpo natural en su lugar propio; es su naturaleza misma la que lo explica. Se comprende también - que el movimiento sea un estado pasajero. Entonces, considerado el movimiento como un proceso de cambio. no puede prolongarse automáticamente; para persistir se requiere la acción continua de un motor o causa. Puede verse entonces que así puestas las cosas, el tipo de movimiento postulado postulado por la ley de inercia es totalmente imposible e incluso contradictorio.

Con Kovrč: "La física galileana, la física clásica, no concibe el movimiento como cambio, sino -por lo menos cuando es uniforme- como un verdadero 'estado' (Aún no empleado el término que es debido, como se sabe, a Descartes). Por eso puede perdurar y conservarse sin 'causa': privado o separado del motor, el móvil proseguirá, pues, su movimiento. Al contrario, la aceleración es un cambio; efectivamente, el móvil no permanece en el mismo estado; se habet aliter et aliter. Por eso la aceleración exige una 'causa' o una 'fuerza' estrictamente proporcional a sí misma; y deja de producirse cuando cesa la acción de ésta" (10).

Los supuestos del principio de inercia son: a) la posibilidad de que el cuerpo sea aislado de todo su entorno y considerado como algo que se realiza en el espacio; b) la identificación espacio homogéneo-geometría euclídeana; c) El reposo y el movimiento son estados y en un mismo nivel ontológico. Sin embargo, la ley de inercia no fue formulada explícitamente por Galileo, aunque ciertamente su mecánica recurre a él; corresponde a Descartes la enunciación del principio: "El más bello título de gloria de Descartes como físico es, sin duda, haber dado una fórmula 'clara y distinta' del principio de inercia. y haberla puesto en su lugar" (11).

Con la ley de inercia, con respecto a Aristóteles, todo movimiento resulta ser un movimiento natural, pues "ningún movimiento o dirección de movimiento se distingue ante otro. Todo lugar es igual a otro. Ningún momento tiene preferencia respecto de otro" (12). Y es que ahora el movimiento a explicar no es el movimiento puesto ante los ojos sin más. Galileo decide sobre lo óptico para decir su física. El proyecto de Galileo incluye "la fijación de un 'lugar' -

arbitrario donde va a acontecer lo físico, donde lo real 'tendrá que' manifestarse, a saber: 'un plano horizontal infinito'; y por 'infinito' abarca todo el universo sublunar y supralunar; por 'plano' infinito eliminará la primacía otorgada por el heleno y mantenida por la escolástica en favor de la circunferencia, del círculo y de la esfera; y, por 'horizontal tendrá que libertar los cuerpos de la 'gravidad', de sus pretendidas cualidades de 'graves y leves', de irse uno al que se decía ser su 'lugar natural'" (13). Se reordena la naturaleza y con ello sus manifestaciones; y "el fenómeno ordenado es más rico que el fenómeno natural" (14). Se trata de repensar lo real para aprovechar sus ambigüedades y modificar entonces el pensamiento. Incidir en lo dado regenerando su orientación, - siempre y cuando podamos "encontrar un reino en donde la experiencia sea nuevamente estable de una vez por todas" (15); con esto asistimos a la emergencia de una teoría que ya en sus inicios posee matices técnicos. Al ser un hecho (físico) y una ocurrencia (acontecer) elaborada, su detección se amarra con su postulación. Una teoría así, "rompe con la naturaleza para construir una técnica. Construye una realidad, talla la materia, da finalidad a las cosas dispersas. Construcción, purificación, concentración dinámica, he ahí el trabajo humano, he ahí el trabajo científico" (16).

Uno de los rasgos más notables de la interpretación (17, nota importante) de Galileo es la interdependencia de sus conceptos y visiones fundamentales. La dinámica pre-galileana se establecía en la objetividad por medios diferentes al matemático, no así la astronomía (como hemos tratado de hacer ver). La teoría física de la modernidad es el resultado de la unificación de la astronomía y de la física que le permite aplicar los métodos de la investigación matemática, utilizados hasta entonces para el estudio de los fenó-



menos celestes, al estudio de los fenómenos del mundo sublunar. - "Teoría y Teatro - dos palabras y una raíz\_ son, respectivamente, - 'lugar propio de espectáculos' y 'el espectáculo mismo'. La evolución de las ideas se ha realizado, a lo largo de los tiempos, como - cambios de teorías en diversos teatros o escenarios" (18). Con Galileo la física se realizará en "teatro matemático".

"no basta, para ser un moderno aplicar a las matemáticas a la - interpretación de la experiencia. La tradición hermética, la cábala, no se privaban de ello" (19). Ciertamente hay una diferencia en la relación fenómeno-matemática. Podríamos decir con Bachelard que, - contra el empirista, "la síntesis de las leyes físicas y de las leyes matemáticas es mucho más apretada. Hay que romper con ese moldecito querido por los filósofos escépticos que sólo quieren ver en la matemática un lenguaje. Por el contrario, la matemática es un pensamiento, un pensamiento seguro de su lenguaje. El físico piensa la experiencia con este pensamiento matemático" (20); pero necesitamos profundizar más en esta relación, llevarla a la función epistemológica del conocimiento, el cruce del pensamiento abstracto-concreto para comprender cómo la matemática se une en la organización del fenómeno, cómo la matemática piensa la experiencia.

Un enunciado muy famoso de Galileo dice: "il mondo é scritto in lingua matematica, e i caratteri sono triangoli, cerchi ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi é impossibile a intendere - umanamente parola; senza questi é un agitarsi vanamente per un oscuro laberinto" (21). Se aprecia la cuestión filosófica que es el papel que las matemáticas desempeñan en la constitución de la ciencia de la naturaleza. Galileo piensa que efectivamente las formas matemáticas se realizan en el mundo. Todos los movimientos están some-

tidos a leyes matemáticas, no sólo los movimientos regulares y las formas regulares, sino también las mismas formas irregulares. Estas son tan geométricas y precisas como aquéllas. La ausencia en la naturaleza de rectas y círculos perfectos no es una objeción al papel preponderante de las matemáticas en la física.

Pero enfrentémonos abiertamente al problema de qué decisión se efectúa en la modernidad sobre lo real para establecer lo que será "física-matemática". ¿Qué sentido tiene esta expresión?, ¿A qué compromete? Heidegger, en nuestra opinión ha elaborado acertadamente esta cuestión: "La física moderna se denomina matemática porque en un sentido preferente aplica una matemática completamente determinada. Τα μαθηματικά significa para los griegos aquello que el hombre conoce de antemano al examinar lo existente y al tratar con las cosas: de los cuerpos lo corpóreo, de las plantas lo vegetal, de los animales lo animal, del hombre lo humano. A esto ya conocido es decir, matemático, pertenecen, además de lo citado, también los números. Cuando sobre la mesa hallamos tres manzanas, conocemos que hay tres. Pero ya conocemos el número tres, la triada. Esto quiere decir: el número es algo matemático. Sólomente porque los números constituyen por así decir lo siempre-ya-conocido que más se impone y en consecuencia lo más conocido, pronto lo matemático se reservó como denominación de lo numérico." Bajo esta perspectiva, lo que significa el que la física se estructure expresamente en una matemática (teatro matemático) es que "mediante ella (la matemática), y para ella, de modo acentuado se decide de antemano algo como ya-conocido. Esta decisión afecta nada menos que al esbozo de aquello que para el buscado conocimiento de la naturaleza tiene que ser naturaleza en lo sucesivo: la relación de movimien-

to , cerrada en sí, de puntos de masas relacionados espacio-temporalmente" (22) \*.

En la interpretación de Galileo, pues, la constitución de la objetividad de la física se da vía la matemática. "La física matemática multiplica las cuestiones, separa las diversas funciones de los fenómenos, enumera y clasifica sus relaciones; sólo ella descubre o, por lo menos, sólo ella puede preparar los descubrimientos" (23). Nuevo amarre con la técnica: inferencia matemática-consecuencia física: Técnica de pensamiento, mapeo y observación.

Concretemos nuestro análisis en lo decisivo y fundamental del proyecto galileano: el postulado que sirve de base a toda su dinámica: "Las velocidades adquiridas por un mismo cuerpo moviéndose hacia abajo por diferentes planos inclinados son iguales cuando las alturas de los planos son iguales" (24). Postulado que justifica por el estudio del péndulo (25) bajo consideraciones relativas a la caída libre y tiro vertical: veamos: la idea que está a la base de sus reflexiones es la intuición del pese de un cuerpo: "abandónese (un cuerpo) sin ninguna otra presión excepto la debida a su propio peso" (26). Un cuerpo en esta situación mostrará los caracteres de un proyecto, proyecto que establece la manera auténtica de considerar las cosas, como el qué y el cómo en virtud de los cuales deben ser considerados de antemano. La pesantez de un cuerpo, como ha demostrado Koyré, es la carta de presentación que un cuerpo tendrá en el ámbito de su dinámica. "La física de Galileo es una física de los graves. Una física de los cuerpos que caen. Que van hacia abajo... la pesantez, o la gravedad, no es con Galileo una propiedad teórica de los cuerpos. Ella es una propiedad empírica; una cualidad

\* Ver anéndice II.

del sentido común" (27).

Bajo la interpretación de Galileo la pesantez se revela como una propiedad del cuerpo real que habrá de reflejarse en la teoría; pero la interpretación es la que propone el sentido de lo real - constituyendo lo predicable como un antepredicativo que necesariamente tiene que explicitarse, de tal forma que entonces "el que toma, toma sólo aquello que en el fondo ya tiene" (28); pero esto es lo matemático mismo en sentido amplio (Τα μαθηματικά). El peso del cuerpo es un momento matemático, fundamental, de la física galileana.

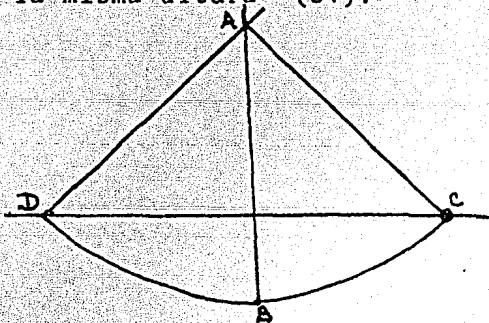
El verdadero postulado de Galileo está referido, pues, al peso del cuerpo y reviste un carácter matemático: ningún cuerpo puede ganar en altura por la sola acción de su peso y si el cuerpo cae es por su peso. Es en virtud de esta circunstancia que el péndulo puede ser estudiado concluyentemente. En el Dialogo sui massimi sistemi del mondo, Galileo expone (por voz de Salviati) de la siguiente manera lo que sería el fenómeno: "Deseo establecer algunas conjeturas, no enseñarte nada nuevo, sino apartar de tí cierta creencia contraria y mostrarte cómo pueden ponerse las cosas. ¿No has observado que una bola de plomo suspendida del techo por un largo hilo delgado, cuando la apartamos de la perpendicular y la soltamos, espontáneamente irá más allá de la perpendicular casi en el mismo monto? - (Sagr.) ciertamente lo he observado y he visto (especialmente cuando la bola es muy pesada) que asciende un poco menos de lo que desciende y he pensado a veces, que el arco ascen-

dente sería igual al descendiente y me he asombrado por las oscilaciones pudieran ellas mismas perpetuarse. Y creo que lo harían si la resistencia del aire pudiera ser suprimida, el cual, con su resistencia a ser partido, retiene un poco e impide el movimiento de el péndulo. Pero el impedimento es pequeño a juzgar por el gran número de vibraciones hechas antes de que la bola de plomo se detenga completamente" (29).

Galileo principia su discusión anunciando el caracter matemático de su discurso: no pretende enseñar (adoctrinar) sino hacer acceder a su interlocutor al peso de su argumentación como algo que él mismo debe intentar. Se trata más bien de enseñar como un dar, un ofrecer, pero en el enseñar no se ofrece lo aprendible, sino que da al alumno solamente la indicación de tomar para sí lo que ya tiene. Se impone así la interpretación que se propone. Es un enseñar que reglamenta su aprender. Enseñar que *es μάθησις y μεθύμικτα*, lo matemático, "aquello" de "las cosas que en verdad ya conocemos; por consiguiente no es algo que extraemos de las cosas sino algo que en cierto modo, llevamos con nosotros mismos" (30). En el discurso galileano la forma y el contenido se entrelazan en una expresión matemática (en sentido amplio), contenido al que, en virtud de la forma, debemos acceder, contenido que aquí habrá de expresarse como el peso del cuerpo y (ro) presentado en la exigencia por el aislamiento del cuerpo: requisito para que el fenómeno (péndulo) aparezca.

En los Discorsi dice: "(Salv.) Imagínate que esta página representa una pared bala vertical, con un clavo en ella; sobre el clavo supongamos que está suspendida una bala de plomo de una o dos onzas

gracias a un hilo delgado vertical AB, digamos de cuatro a seis pies de largo, sobre la pared dibuja una bien horizontal DC, formando ángulos rectos con el hilo vertical AB, que cuelga cerca de dos pulgadas enfrente de la pared. Ahora lleva el hilo AB con la bola unida a la posición AC y déjalo libre; primero se observará descender a lo largo del arco CBD, pasando por el punto B, y viajar a lo largo del arco BD, hasta alcanzar casi la horizontal CD, despreciando un acortamiento pequeño debido a la resistencia del aire y el hilo; de esto podemos correctamente inferir que la bola en su descenso a través del arco CB adquiere un momento (impeto) - al alcanzar B, la cual es suficiente para llevarlo a través de un arco similar BD a la misma altura" (31).



Al dejar libre la bola, se le abandona a su propio peso; por la acción de éste. el cuerpo cae: con lo matemático aparece el fenómeno. Porque la bola está sujeta, cae dirigido por un círculo, en donde el movimiento resulta natural, según la tradición griega y a la cual Galileo no fácilmente se sustrae; incluso en el Dialogo, al explicar esta caída, aduce esta razón: "(Salv.) el impetu adquirido en el arco descendente, en el que el movimiento es natural, es capaz por él mismo de llevar a la misma bola por un movimiento violento a de igual espacio en el arco ascendente; por él mismo, esto es, si to

dos los impedimentos externos son despreciados" (32). Sin embargo, en los Discorsi esta forma de explicar, como hemos podido apreciar, no aparece; incluso se le desprecia: "(Sagr) esta distinción entre casos (movimiento natural y movimiento violento) que haces (simplicio) es superflua o más bien inexistente" (33). Si en los Discorsi abandona esta distinción es porque desea atenerse a los hechos mediante el experimento, pero experimento no es observar ingenuamente: "detrás de toda observación e indisolublemente ligada a ella hay una concepción, un modelamental, o una teoría, sin la cual no sabríamos ni siquiera qué se debe observar" (34).

Galileo sabe que la experiencia (experimentum) se prepara, es una pregunta hecha a la naturaleza como matemática. El hecho requiere ser verificado teóricamente, es una ocurrencia elaborada. El experimento empieza por el poner por fundamento una ley. "Hacer un experimento significa: representar una condición en virtud de la cual se siga en su transcurso una determinada relación de movimiento en la necesidad es decir, que de antemano pueda hacerse dominable para el cálculo. - Pero el establecimiento de una ley opera desde la perspectiva hacia el plano del campo de objetos. Este da la medida y supedita a la condición de representación anticipadora. Ese representar en el cual y con el cual se inicia el experimento, no es arbitraria imaginación" (35).

Lo que permite a Galileo establecer el péndulo como tal y hacerlo valer como lo que es (antes fue una piedra oscilante o una caída forzada) no obstante la contaminación que el considerar la diferencia entre movimiento natural y circular introduce, es su interpretación de

lo dado como un proyecto que abre un ámbito en el que se muestran las cosas, es decir, los hechos, como un saber que pone a sabiendas su fundamento, esto es, un tomar conocimiento que se da desde sí mismo a-- aquello que toma, y se lo da como aquello que ya tiene. Es un proyecto matemático. "Los cuerpos naturales son tal como se muestran en el ámbito del proyecto... Cómo se muestran está prefigurado por el proyecto; éste determina por lo tanto, también el modo de la aceptación y de la investigación de lo que se muestra, la experiencia, el experimento. Pero como la investigación está predeterminada por el plan del proyecto, el cuestionar sólo puede ser formulado de tal manera que ponga de antemano las condiciones a las cuales la naturaleza debe responder de tal o cual manera. Sobre la base de lo matemático la experiencia se transforma en experimento en el sentido moderno" (36).

Lo que parece ser que se tiene que explicar en el péndulo no es el descenso por el arco CB, sino el ascenso a través del arco BD. Que la bola de plomo que se encuentra en C al dejarla libre cae por su propio peso, es un argumento que cae por su propio peso en vista de su carácter matemático: Se está subponiendo en el argumento que el peso es una especie de interacción que producirá un impeto momento virta en el cuerpo; no es el a su lugar natural que es el Centro de La Tierra como centro del universo que argumentaban los aristotélicos. (37) ¿Cómo sube la bola de plomo por el arco CB? veamos que dice Galileo: "puesto que los dos arcos CB y DB son iguales y similarmente colocados, el momento (momento) adquirido por la caída a través del arco CB es el mismo que el ganado por caída a través del arco DB; pero el momento (momento) adquirido con B, debido a la caída a través de CB, es capaz de elevar al mismo cuerpo (mobile) a través del arco BD; por lo tanto



el momento adquirido en la caída BD es igual a aquél que eleva el mismo cuerpo a través del mismo arco de B a D" (38). Con esta exposición parece explicarse cómo ocurren las cosas; notamos 2 momentos importantes, uno haciendo valer la idea del peso del cuerpo y otro la analogía de la explicación por vía de la simetría. El primero lo hemos ya identificado como una noción matemática de la interpretación galileana; el segundo nos lleva a pensar si no habrá alguna fundamentación para la noción de simetría que Galileo hace valer. Observemos ante todo que esta argumentación en que se usa la simetría es el resultado de una discusión previa registrada en el Discorsi en donde juega concepto de rapidez. En el tratamiento de la caída libre que desea "establecer únicamente por razonamiento" (39), y una vez caracterizada la caída como un movimiento uniformemente acelerado, dice "(Salv.) Dificilmente pienso que tu negarás conceder que la ganancia de velocidad de la piedra cayendo desde el reposo sigue la misma secuencia que la disminución y pérdida de esta misma velocidad cuando por alguna fuerza imprimida, la piedra es lanzada a su anterior observación" (40). Apreciamos en esta párrafo dos elementos relevantes: 1. Se trata de convencer (demostrar) mediante una interpe<sup>l</sup>ación a la inteligencia del interlocutor de la contundencia de: 2. la simetría de -- acontecer se nos obliga a acceder a su necesidad por su claridad intelectual. Se im-pone esto que se pro-pone, pues con ello se dis-pone de una gran riqueza de inferencia. Constituye ésto no otra cosa que otra noción matemática de la interpretación galileana. En esta noción de simetría subyace una interpretación del espacio y el tiempo como homogéneos e isótopos y que se hará valer

con ella para constituir lo que el fenómeno y la naturaleza son. Es por esto que el párrafo de Galileo anteriormente citado, puede Galileo mismo ponerlo enseguida en otros términos "(Salv.) Pero aún cuando no concedas ésto, no veo como puedas dudar que la piedra ascendente, - disminuyendo en velocidad, debe antes de llegar al reposo pasar a - través de cualquier grado posible de lentitud.-Simp. Pero si el número de grados de mayor y mayor lentitud es ilimitado, nunca serán agotados todos, por lo tanto tal cuerpo pesado ascendente nunca alcanzará el reposo, sino que continuará moviéndose sin límite siempre a una razón menor; pero este no es el hecho observado.-Salv. Esto pasaría, Simplicio, si el cuerpo en movimiento estuviera manteniendo = su velocidad para cualquier interválo de tiempo en cada grado de velocidad; pero simplemente pasa cada punto sin tardarse más que un instante: y como cada interválo de tiempo por pequeño que sea puede ser dividido en un número infinito de instantes, estos siempre serán suficientes para corresponder a los infinitos grados de disminución de la velocidad. Que tal cuerpo pesado que se eleva no se queda para un -- fragmento de tiempo en un grado de velocidad dado, es evidente tomando en cuenta lo siguiente: si, habiendo sido asignado algún interválo de tiempo, el cuerpo se mueve con la misma rapidez en el último como en el primer instante de ese interválo de tiempo, podría análogamente - desde este segundo grado de elevación ser elevado a través de una altura igual, justamente como fue transferida de la primera elevación a la segunda y por el mismo razonamiento pasaría de la segunda a la -- tercera y continuaría finalmente en movimiento uniforme para siempre" (41). Aparecen aquí muchos puntos importantes, no podemos tocar todos, mencionaremos algo más adelante y ahora sólo notaremos que hay una interpretación del espacio y el tiempo, éstos pueden entrar co-

mo tales; se consideran como nociones de propiedades, ámbitos de posible ordenación de lugares y determinación de órdenes. Hay una hermenéutica que hace valer una topología.

A fin de cuentas lo que descubrimos en el problema del péndulo que nos trajo hasta aquí, es que en la justificación del ascenso del péndulo por el arco BD hay una nueva incidencia de lo matemático expresado como simetría y que introduce una interpretación del espacio-tiempo. Si Galileo deja de lado la justificación por argumentos que involucran el movimiento circular (presentes en el Diálogo (42)) y desea atenerse a los hechos (en los Discorsi), es porque éstos se han hecho matemáticos en el sentido amplio, acorde a una interpretación nueva, nueva voluntad de verdad. Se inscribe así "una voluntad de saber que prescribe el nivel técnico del que los conocimientos deben <sup>(43)</sup> vestirse para ser verificables y útiles". No hay hechos sin más; un hecho es lo que es sólo en tanto unido a un concepto fundamentador y según el alcance de tal fundamentación. <sup>(41a)</sup> Apelación a los hechos para poder decir lo que se tiene que decir.

Un elemento importante de la teoría galileana es el deseo por la univocidad de su discurso. Con Galileo se reconoce "la existencia de dos lenguajes radicalmente diferentes entre sí: el común, con todas sus imperfecciones e inconsistencias, y el científico, riguroso y perfectamente exacto" (44). Lenguaje creado según la necesidad y medida de los experimentos de la ciencia. Lenguaje que no es natural y de ahí que el pensamiento que lo habla tampoco sea natural. "La actividad numenal es entonces evidente. Los númenos del pensamiento científico son los instrumentos del pensamiento para la transformación

de los fenómenos. No tiene ningún vínculo con la estática cosa en sí. Se aclaran en las sintáxis de las teorías. Si el hombre se limita a intercambiar sus impresiones sobre los fenómenos naturales, sigue siendo el hombre natural. Entonces no puede ser objetivo" - (45). Así la piedra suspendida de un hilo es el péndulo galileano, designado unívocamente respecto a la teoría y diferenciado del objeto de la percepción. Su objetividad radica en su construcción; construcción hecha enmarcada a la síntesis galileana y concretada en un discurso, como cualquiera, no sobre cosas, sino sobre (encima - de) palabras (símbolos de símbolos); Palabras como productos sociales, por "la praxis objetivante y objetivada de la humanidad" (46).

Profundicemos más en este tema sin pretender, bajo ningún respecto, hacer una "teoría del lenguaje". El problema de los dos lenguajes, el ordinario y el científico, ha sido largamente discutido principalmente por la así llamada filosofía analítica, en nuestra opinión pocas veces acertadamente. Cualquier cosa que se diga respecto a este problema compromete nuestra exposición en una polémica y no es este el espacio para efectuarla. La cuestión que precipita las dificultades es acotar como se pasa del lenguaje ordinario al científico. Este problema es, según Foucault: "En cuanto al lenguaje mismo, ¿a partir de qué momento, de qué modificación semántica o sintáctica, se puede reconocer que se ha transformado en un discurso racional?" (47). La cuestión no es nada sencilla y requiere grandes prolegómenos que no haremos; es más, tampoco daremos una respuesta definida; diremos con Foucault, que en virtud de una mirada atenta se establece el puente a la mediación concreta que cuadrícula finamente las cualidades de las cosas. Es una mirada que interpreta las cosas y se hace valer. Como el músico que al mirar la partitura ya está interpretándola y haciendo música con

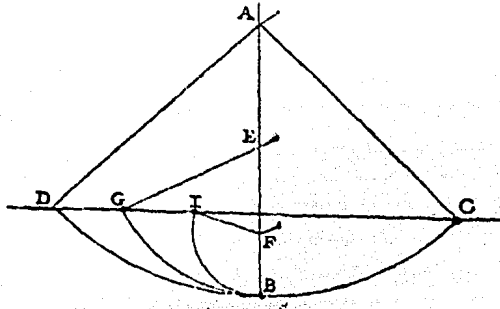
un sentido, La música se produce en la interpretación. El Arte de la Fuga no es nada si no se le interpreta. La música del mundo no suena si no la tocamos; pero puede hablarse de música con tal de que haya música, con tal de que suene, con tal de que haya una interpretación. Hay que hacer sonar al mundo y esto hace el ejecutante Galileo; pero, ¿Qué es eso de "hacer sonar al mundo" ? ¿Qué significa "tocar al mundo"? Podemos ya esperar que esté relacionado con saber preguntar al mundo. ¿Qué Decir?.

Decir de las cosas es querer determinarlas. El decir se expresa en enunciados, son éstos la cede de la verdad de las cosas en tanto que soportes de propiedades. Considerar las cosas como predicables es ya una determinación. Para el griego hay cosas que tienen su determinación en sí mismas, no se requiere hacer nada para obtener su especificidad, su verdad; son directamente captables. Lo que está abierto, lo que se muestra, lo patente, lo presente, esto es, ἀλήθεια . Aquí no puede haber un preguntar, simplemente se muestra como lo que es, que es ser presente. El decir aquí se expresa como λογος : pensar como simple enunciar, esto es, "la pauta para la determinación de la cosa. 'Pauta' significa aquí que los modos de la enunciación guían la mirada en la determinación de la presencia" (48).

Lo que se muestra en el experimento del péndulo de Galileo es su aspecto matemático y con ello se de-muestra su verdad. En este "de" aparece lo matemático como lenguaje y "pauta" que guía la mirada en la determinación de lo que es. "Pauta" como el pauta o pen tagrama que guía la mirada en la escritura musical. "El libro de la naturaleza está escrito en caracteres matemáticos"; libro que -

leemos y tomamos de él aquello que en el fondo ya teníamos (lo matemático). Descubrimos que a fin de cuentas nuestra novela es la interpretación que del libro hacemos. La novela se produce en la interpretación. Interpretar es producir el experimento.

Pero si el mundo está escrito en matemática, hay que hacerlo hablar; no en lo que se muestra sino en lo que se demuestra: se provoca al mundo y con ello se le toca. El experimento del péndulo tiene en su segunda fase este rasgo. "(Salv.) Habiendo repetido este experimento muchas veces, vamos ahora a clavar un clavo en la pared cerca de la perpendicular AB, digamos en E o F, de modo que esté fuera unos cinco o seis dedos para que el hilo, llevando nuevamente la bola a través del arco CB, pueda chocar con el clavo E cuando la bola alcance B, y entonces obligarla a recorrer el arco BG, descrito respecto a E como centro. De esta manera podemos ver que puede ser hecho por el mismo momento (impeto) el cual, empezando antes en el mismo punto B, llevó el mismo cuerpo a través del arco BD a la horizontal CD. Ahora, caballeros, observarán complacidos que la bola se inclina al punto G en la horizontal, y verían ocurrir la misma cosa si el obstáculo fuera colocado en algún punto más bajo, digamos en F, respecto al cual la bola describiría el arco BI, la elevación de la bola terminando siempre exactamente en la línea CD. Pero cuando el clavo es colocado tan abajo del resto del hilo que queda por debajo, no alcanzará la altura CD (lo que ocurriría si el clavo fuera colocado más cerca de B que de la intersección de AB con la horizontal CD); entonces el hilo salta sobre el clavo y se enreda en él" (49).



Observemos en este párrafo que, efectivamente, Galileo está cuestionando dentro de un fenómeno que ha elaborado; en el ámbito del dispositivo experimental hay un provocar para percibir. Se produce el experimento y con ello toda la interpretación galileana entra en juego; y el juego (play, Spiel) es que el mundo hable. Pero como "play", "Spiel", requiere ser puesta en escena, ser representada, esto es, presentada en Teatro (teatro matemático). Teatro: "lugar propio de espectáculos", Teoría: "el espectáculo mismo". La teoría se manifiesta en su representación; se muestra en lo que se demuestra y el demostrar consiste en lo matemático. Spielen, jouer, es tocar, hacer sonar. En este experimento se "toca" al mundo. To play no tiene sentido si no se interpreta, la música se produce en la interpretación. El interpretar es el producir el experimento y el intérprete (Spieler) es Galileo, que hace valer el proyecto matemático en la teoría que se representa (demostrando su presencia). Así es la demostración que Galileo hace: "Salv. así, en general - (esto es continuación de nuestra cita 38), cada momento (momento) adquirido debido a caída a través de un arco es igual a aquél capaz de elevar al mismo cuerpo a través del mismo arco. Pero todos estos elementos que causan una elevación a través de los arcos BD, GB, IB son iguales" (50).

Nuevamente la demostración está en lo matemático; lo matemático de estas nociones a que aludíamos antes, como saber que pone su fundamento a sabiendas. La matemática no es sólo un lenguaje bajo una teoría de la significación denotacionista; lo sería si pensamos en el lenguaje del poeta: lenguaje ontocreador.

En el tocar al mundo hay un producir y un provocar, con ello se abre a la cosa y se dá una obviedad. La representación es en la presencia de lo matemático; se muestra en lo obvio de la demostración; es entonces un paso de lo evidente a lo obvio (via), hay un enviar como referencia. Es en esta obviedad que el péndulo permite pasar de un experimento a otro, se dá la via para hacerlo. Localizamos entonces el postulado de la física de Galileo: "Las velocidades adquiridas por un mismo cuerpo moviéndose hacia abajo por planos de diferente inclinación son iguales cuando las alturas de estos planos son iguales." Lo matemático en su presencia que demuestra, constituye lo que vale, es lo que vale. La interpretación galileana hace valer lo matemático y con ello su física. El postulado galileano abre un espacio de arte interpretativo como virtuosismo de lo matemático. Virtuocismo, por ejemplo, en el teorema VI (y sus corolarios): "Si del punto más alto o más bajo de una vertical en un círculo se trazan planos inclinados cualesquiera que intersecten a la circunferencia, los tiempos de descenso a lo largo de estas cuerdas son cada uno igual al otro." (51).

En lo matemático se condensan intuiciones para darles valor. La simetría como una interpretación del tiempo esciera una intuición de éste. El tiempo en Galileo no es un problema sobre el que haya que meditar metafisicamente, simplemente ahí está y se interpreta; una vez introducido en la teoría como noción matemática adquiere su validéz en vista de ésta. En los "hechos" aparece el -



tiempo y sólo hay que pecarnos de ello. "La observación nos muestra que el movimiento de un cuerpo cayendo ocupa tiempo" (52). Es además un tiempo divisible (53). El problema metafísico que para Descartes es la divisibilidad del tiempo, para Galileo es una cuestión de "hechos" (de elaboración): "como el tiempo es divisible sin límite... " (54). Pueden definirse entonces las diferentes clases de movimiento con una referencia explícita al tiempo. "Por movimiento constante o uniforme, entiendo el movimiento en el que las distancias recorridas por una partícula moviéndose durante cualquier intervalo de tiempo, son iguales" (55). "Se dice de un movimiento que es igualmente o uniformemente acelerado cuando, partiendo del reposo, sus momentos (celeritatis momenta) reciben iguales incrementos en iguales tiempos" (56). Repetimos, la noción de tiempo que está en juego tiene su expresión en lo matemático en que habla su física. En particular, es por lo matemático que tiene sentido la definición de movimiento uniformemente acelerado como Galileo mismo dice: "(Salv.) Esta definición establecida, el Autor hace una sola suposición, a saber: las velocidades adquiridas por un mismo cuerpo moviéndose hacia abajo por planos de diferente inclinación son iguales cuando la altura de estos planos son iguales" (57). Es igualmente con el experimento del péndulo que Galileo encuentra un proceso para medir el tiempo. (58)

Es el apego a lo metafísico de Descartes y a los "hechos" de Galileo una diferencia profunda entre estos pensadores y que firma su física. Opinará Descartes de Galileo: "Je trouve en général qu'il philosophe beaucoup mieux que le vulgaire, en ce qu'il quitte le plus peut les erreurs de l'Ecole, et tâche à examiner les matières physiques par des raisons mathématiques. En cela je trouve la véri-

té. Mais il me semble qu'il manque beaucoup en ce qu'il fait continuellement des digressions et ne s'arrête point à expliquer tout à fait une matière; ce qui montre qu'il ne les a point examinées - par ordre, et que, sans avoir considéré les premières causes de la nature, il a seulement cherché les raisons de quelques effets particuliers, et ainsi qu'il a bâti sans fondement" (59). Descartes acusa a Galileo de construir sin fundamento, pues este debe ser, según él, de tipo metafísico. Teniendo que dejar de lado la discusión en torno al aspecto ideológico-histórico que se abre en torno a la cuestión de la metafísica como fundamento del mundo, enfocaremos nuestra mirada a la diferencia de concepción que, relativo a este problema, se manifiesta en Descartes y Galileo. Descartes, en vista de su plan filosófico acorde a la tradición, exige que haya una especie de "causa final" en el mundo, solo así éste tiene sentido; es porque Dios es el fundamento de la res pensante y la res extensa que el mundo aparece al cogito. La substancia puede manifestarse al yo cartesiano como predicable, en vista del fundamento divino, así en último análisis hay que encontrar estas leyes que hacen necesario este manifestarse, leyes acordes a las primeras causas. En Galileo las cosas se manifiestan de hecho porque se ha introducido en ellas, como cristalización de una interpretación, un proyecto matemático que pone un saber que tiene su fundamento a sabiendas; se coloca con él en las cosas el qué y el cómo en virtud de los cuales deben ser consideradas de antemano, configurando con esto la determinación de lo que por "naturaleza" se entenderá. Los cuerpos sólo podrán ser cuerpos en tanto estén incluidos y entretejidos en el ámbito de lo que es naturaleza. Una vez colocado este proyecto matemático puede obviarse la discusión sobre las causas. Esto es lo que Galileo hace; veámos: después de haber hecho las consideraciones

que ya hemos citado con el número 41 (consideraciones que hemos - identificado como matemáticas en sentido amplio), Galileo escribe: "(Sagr.) De estas consideraciones me parece que podemos obtener - una solución apropiada al problema discutido por los filósofos, a saber, ¿Qué causa la aceleración en el movimiento natural de los - cuerpos pesados? Dado que, según me parece, la fuerza (virtú) impresa al cuerpo hacia arriba por un agente proyector disminuye continuamente, esta fuerza, en tanto que era más grande que la fuerza contraria de gravitación, empuja al cuerpo hacia arriba; cuando las dos están en equilibrio el cuerpo deja de elevarse y pasa a través del estado de reposo en el cual el ímpetu (ímpetu) impreso no es - destruído, sino solamente se exceso sobre el peso del cuerpo ha sido consumido -el exceso que causa que el cuerpo se eleve. Entonces, como la disminusión del ímpetu externo continúa, y la gravitación - por una parte gana, la caída empieza, pero lentamente al principio tomando en cuenta el ímpetu (virtú) impreso, una gran porción del cual todavía permanece en el cuerpo; pero como éste continúa disminuyendo también continúa más y más grande por la gravedad, de aquí la aceleración continúa del movimiento" (60).

Hemos subrayado la pregunta por su caracter particular: no - quiere permitir otra respuesta que la que espera (en términos causales), pero al mismo tiempo el modo de preguntar está posibilitando otra respuesta, es sobre los cuerpos pesados que se intenta explicar su movimiento; traslada así el lugar de su respuesta. La idea matemática de peso es la determinación del movimiento mismo en la interpretación galileana. En la explicación se hace jugar a la noción matemática "peso" en el lenguaje, apareciendo también el vocablo "causa" en la argumentación. La explicación va acorde (ar-

monización de la interpretación) a un proyecto matemático, es el proyecto mismo. Explicación argumentada en el lenguaje, siendo por esto una determinación discursiva. La "causa" aquí no es la explicación, es la argumentación discursiva para la comprensión del proyecto matemático.

Establecido el movimiento mismo con la constitución de lo matemático de la física, la argumentación por la causalidad pierde su sentido y se traslada en todo caso a un problema discursivo. Es porque le ha dado su estatuto ontológico por vía matemática a los hechos, que Galileo a continuación deja de lado la pregunta por la causa superándola. "(Salv.) No me parece ocasión oportuna para entrar, al presente, en investigaciones sobre la causa de la aceleración del movimiento natural, en torno a la cual han sido diversas las opiniones emitidas por los filósofos... por ahora a nuestro Autor le basta con que comprendamos que él quiere investigar y demostrar algunas propiedades de un movimiento acelerado (cualquiera que sea la causa de su aceleración)." (61). Si bien Descartes, siguiendo la tradición filosófica, se preocupa por la causa como fundamento, Galileo establece una ruptura con esa tradición filosófica al poner por fundamento a lo matemático (en algún sentido filosófica, pero como filosofía enteramente novedosa respecto a su objeto), ruptura que abre un nuevo continente teórico: la Física. En Descartes (y decimos con ésto todo el pensamiento prvio) la causalidad quiere ser la explicación de las cosas; con Galileo las cosas son matemática, la explicación es la matemática misma; la causalidad se transforma a un traductor del lenguaje matemático - al lenguaje ordinario como argumrentación para la comprensión. La explicación de la aceleración no puede estar más en términos de -

de causas sino en caracteres matemáticos. "La causa" se reservará para traducir la explicación del lenguaje abstracto al ordinario siempre para un caso particular; la causalidad mapea casos singulares de la teoría matemática en el discurso ordinario. Por eso, al plantearse Galileo la pregunta por la causa de la aceleración, expone lo matemático del problema.

La interpretación de Galileo presenta el proyecto matemático y de-muestra simultáneamente su valer; valer que invalida la fundamentación de lo que es por medios causales, lo que es matemático y así tiene que ser enunciado. Enunciación en ruptura a la tradición e inauguración de la física. "Con la matemática incorporada a las ciencias físicas la apodicticidad hace su aparición en la organización y en la explicación de las experiencias. Al valor del en encadenamiento matemático que une el principio a la consecuencia se añade el valor del encadenamiento que vincula la causa al efecto. Causa física y consecuencia matemática intercambian sus valores de encadenamiento" (62).

NOTAS AL CAPITULO VI

- (1) C.f. P. Duhem. Les origines de la statique, 2 vols. Paris Hermann, 1905. T.L. Heath, The Works of Archimedes, New York, Dover Publications Inc. J. Babini: Arquimedes, Bs. As. Espasa-Calpe, 1947. E. Mach. Desarrollo Histórico-crítico de la mecánica. Bs. As. Espasa-Calpe, 1949.
- (2) Cf. Desiderio Papp. Historia de la Física. Bs. As. Espasa. Calpe, 1961. A.C. Crombie, op. cit. E. Madr. op. cit. A. Koyré Etudes galiléennes, principalmente la parte "A - l'aube de la science classique" Lynn Thorndike - History of magia and experimental science 6 vols New York 1941. Florian. Cajovi. A history of physics in its elementary branches. New York, Dover, 1962. Claudio Estrada Gasca Estudio histórico-crítico de la mecánica galileana. Tesis profesional. Méx. UNAM. 1978.
- (3) Cf. A. Koyré: "Juan Bautista Benedetti, crítico de Aristóteles", "El 'De motu gravium de Galileo en EHPC. Juan Vailati: Contribuciones a la historia de la mecánica. Bs. As. Espasa-Calpe, 1947 pp. 79-115.
- (4) En M. Fichant y M. Pécheux: Sobre la historia de las ciencias. Bs. As. siglo XXI. 1971. p 11.
- (5) A. Koyré. EHPC p 156
- (6) Citado por Dominique Lecourt en Para una crítica de la epistemología. Bs. As. Siglo XXI, 1973, p 72.
- (7) Citado por M. Fidrart en Sobre la historia de las ciencias. p 77.
- (8) Ibid. p 77.

- (9) A. Koyré: Du monde clos à l'univers infini p 2. Cf asimismo toda la obra de Koyré, especialmente sus Etudes galiléennes y EHPC. --
- (10) A. Koyré. EHPC. p 249.
- (11) Cf. Koyré, "Galilee et la loi d'inertie" en Etudes Galiléennes. Dice Mach "(Descartes)" conoció, como resulta de una carta escrita a Mercenne en 1629, antes de la publicación de Galilei, completamente la ley de inercia". Desarrollo histórico-crítico. p 132. --
- (12) M. Heidegger. Sendas Perdidas p 71.
- (13) García Bacca. Historia... p 54.
- (14) G. Bachelard. La filosofía del no. Bs. As., Amorrortu. 1973. p 10.
- (15) T.S. Kuhn. La estructura de las revoluciones científicas, p 197
- (16) G. Bachelard. La actividad racionalista de la física contemporánea. Bs. As., siglo veinte. 1975, p 10.
- (17) En la utilización que hacemos del concepto de "interpretación" lo que está en juego es una decisión sobre lo óntico (constitución de la objetividad, objetivación del concepto) y una incisión normativa en lo real constituido. Interpretación al modo de una interpretación musical.
- (18) J. D. García Bacca. Prólogo al libro de H. Reichenbach: Objetivos y métodos del conocimiento físico. México, El Colegio de México, 1945 pp 7-8.
- (19) R. Blanché op. cit. p 35

- (20) G. Bachelard. La actividad. p 38.
- (21) Galileo Galilei, Il saggiatore p 232.
- (22) M. Heidegger. Sendas Perdidas pp 70-71. Cf. supra, apéndice 2.
- (23) G. Bachelard. El compromiso racionalista p 119
- (24) Galileo Galilei. Dialogues concerning two new sciences. New York, Dover. 1954. p 169. La citaremos en adelante como Discorsi.
- (25) Cf. Ibid p 170.
- (26) Ibid p. 163.
- (27) A. Koyré. Etudes Galiléens pp. 239-241.
- (28) M. Heidegger. La pregunta por la cosa. p. 69
- (29) Galileo Galilei. Dialogue Concerning the two chief World Systems-Ptolemaic & Copernican. University of California Press, 1962. p 226.
- (30) M. Heidegger. La pregunta... p 70.
- (31) Galileo Galilei, Discorsi, p 170
- (32) G. Galilei, Dialogue Concerning..., p 227
- (33) Galileo Galilei, Discorsi, pp 165-166
- (34) Tomás A. Brody. La revolución actual en la física y sus problemas filosóficos en la ontología La Filosofía y las Revoluciones científicas. México, Ed. Grijalbo, 1979. p 62.
- (35) M. Heidegger, Sendas Perdidas. p 73.
- (36) M. Heidegger, La pregunta... p 85
- (37) Resulta muy interesante anotar aquí el comentario de A. Einstein sobre Galileo: " Galileo dice muy claramente que



debe existir una clase de interacción (tendencia a aproximación mutua) de la materia que constituye una estrella. La misma causa tiene que ser responsable (después de abandonar la idea del "centro de universo") de la caída libre de los cuerpos pesados a la superficie de la tierra. Permítaseme mencionar aquí que existe una cercana analogía entre el rechazo de Galileo a la hipótesis del centro del universo para la explicación de la caída de los cuerpos pesados, y el rechazo a la hipótesis de un sistema inercial para la explicación del comportamiento inercial de la materia (Esta última es la base de la Teoría general de la relatividad). Común a ambas hipótesis es la introducción de un objeto conceptual con las siguientes propiedades: 1. no se supone que sea real, como materia ponderable (o un "campo"). 2. Determina el comportamiento de objetos reales pero no es de ningún modo afectado por ellos. La introducción de tales elementos conceptuales, - aunque no exactamente inadmisibles desde un punto de vista puramente lógico, es repugnante al instinto científico". Albert Einstein, prefacio al libro de Galileo Galilei: Dialogue Concerning the Two Chief World System. Ed. cit. p. XIII. Estos objetos conceptuales de los que nos habla Einstein son los caracteres matemáticos (en sentido amplio) que cambian con un cambio de interpretación.

(38) Galileo Galilei. Discorsi p 171

(39) Ibid., p 164.

(40) Ibid, p 164.

(41) Galileo Galilei, Discorsi pp 164-165.

(41a) Por el contrario, la característica del positivismo, que nos rodea desde hace décadas y hoy más que nunca, es creer que bastará con hechos actuales o con otros nuevos hechos futuros, mientras pretende que los conceptos sólo son sostenes que se necesitan por alguna razón, pero de los que no hay que ocuparse demasiado, pues eso sería hacer filosofía. Lo cómico, o mejor dicho, lo trágico, en la situación científica actual es creer que se puede superar el positivismo con positivismo "(Heidegger, La Pregunta... p 63 ).

(42) Comenta Einstein: "Apego a la idea de movimiento circular como el verdaderamente natural es todavía claramente discernible en Galileo; probablemente es responsable del hecho de que él no reconoció completamente la ley de inercia y su significado fundamental". A. Einstein, op. cit., p. XI.

(43) Michel Foucault. El Orden del Discurso. Barcelona, Tusquets. p 17.

(44) Ludovico Geymonat. Galileo Galilei. Barcelona, Ediciones Península, 1969, p 78

(45) G. Bachelard. La actividad... pp14-15.

(46) "La conexión interna de la praxis objetivante y objetivada de la humanidad, denominada sustancia, espíritu objetivo, cultura o civilización, e interpretada en la filosofía materialista como unidad histórica de las fuerzas productivas y de las relaciones de producción, crea la "razón" de

la sociedad que se realiza históricamente y con indiferencia de cada individuo por separado, y por ello supraindividual, pero sólo existe realmente a través de la actividad y de la razón de los individuos. la sustancia social objetiva -como fuerzas productivas materializadas, lenguaje y formas del pensamiento- es independiente de la voluntad y de la conciencia de los individuos, pero sólo existe a través de su actividad, de su pensamiento, y su lenguaje. Las máquinas que no son -puestas en movimiento por la actividad humana, o las formas lógicas que no sirven a los hombres para expresar sus ideas, son instrumentos muertos o cosas absurdas. La praxis objetivante y objetivada de la humanidad -como fuerzas productivas, lenguaje, formas de pensamiento, etc.- sólo existe como continuidad de la historia en relación con la actividad de los hombres. La praxis objetivante y objetivada de la humanidad es el elemento perdurable y constante de la realidad humana y, bajo este aspecto, da la impresión de ser una realidad más real que la propia práctica o cualquier otra actividad humana. En ellos se basa la posibilidad de transformar el sujeto en objeto, es decir, la forma fundamental de la mistificación histórica. Puesto que la práctica objetivante y objetivada del hombre so-brevive y cada individuo es independiente de él, la mayoría de las veces el hombre se interpreta a sí mismo, e interpreta su historia y su futuro, ante todo, en función de su propia creación". Karel Kosík. Dialéctica de lo concreto pp257-258.

(47) Michel Foucault. El nacimiento de la clínica. México, Siglo XXI, 1966. p 3.

- (48) M. Heidegger. La pregunta... p 61
- (49) Galileo Galilei. Discorsi pp 170-171
- (50) Ibid, pp 171-172
- (51) Galileo Galilei. Discorsi, pp 188-189
- (52) Ibid, p 168.
- (53) Cf. Ibid. pp 164-165. Ya citado
- (54) Ibid. p 162.
- (55) Ibid. p 154
- (56) Ibid. p 169
- (57) Ibid. p 169
- (58) Cf. A. Koyré: "Un experimento de medición" en EHPC
- (59) Carta de Desartes a Mersenne del 11 de octubre de 1638 citada por L. Brunschvicg, La causalité... p 203.
- (60) Galileo Galilei, Discorsi, p 165 (Notemos la filiación a la teoría del impetu).
- (61) Ibid. pp 166-167.
- (62) G. Bachelard. La actividad... p 37.



No pretenderemos ir más allá de lo hasta aquí dicho. Sin embargo, deseáramos presentar algunas anotaciones sobre Newton como algunas indicaciones posibles dado el estudio que hemos elaborado. En la interpretación newtoniana se asume completamente el proyecto matemático como plan que define y constituye lo natural. Proyecto que reordena bajo tres líneas generales: 1. Establece nuevas nociones matemáticas que de manera más adecuada permiten la posibilidad de comprender al mundo; fuerza, masa, espacio y tiempos matemáticos, etc. (aquí está en juego lo que Koyré ha denominado "matematización a ultranza" (1). Ocurre en esto un cambio en la concepción del movimiento que no es el "natural" de Galileo, se establece el concepto de materia. 2. Le da la matemática (en sentido restringido) propia al problema (cálculo de fluxiones), dado el cambio en lo que valdrá como matemático. 3. Se instituye el sistema del mundo como lo que es (ciencia) y dispone (técnica).

El paso de Galileo a Newton es muy delicado ya que se constituye en él lo que de forma cabal valdrá como física; de alguna manera estamos en juego nosotros mismos: todos somos newtonianos: "todos nosotros, o si no todos al menos la mayoría, hemos nacido y educado o mejor y más exactamente, no nacido sino sólo educado, en un mundo newtoniano o al menos, uno seminewtoniano, y todos, o casi todos, hemos aceptado la idea del mundo mecánico newtoniano como la expresión de la verdadera representación del universo y la encarnación de la verdad científica -esto porque por más de dos siglos tal ha sido la creencia común, la communio opinio, de la ciencia moderna y de la explicación humana" (2). De entrada asumimos todo el peso del proyecto matemático galileano con la

reelaboración de Newton, lo asumimos como algo que se nos impone y decide, dentro del trabajar sobre la física; pero en el reflexionar sobre la ciencia, hemos sido fácilmente seducidos por el pensar positivista que cotidianamente reformula los principios newtonianos con su regocijo por sus hechos y su pavor a lo metafísico (3). Y en esta prisión se nos ha cerrado la posibilidad de tematizar la constitución de los hechos (de lo que es) teniéndonos que contentar con hablar sobre las interrelaciones de estas cosas constituidas e intentarlas constituir mediante nuevas conexiones que siempre implican un basamiento previo. Estamos constreñidos así a hablar del "aspecto sintáctico-semántico" (4) "aspecto teórico-predicativo" (5) y dejamos de lado el aspecto histórico-interpretativo (aspecto ante-predicativo).

Las leyes (axiomas) de Newton forman un problema histórico-interpretativo y un estudio en esta dirección revelaría que éstas introducen las nociones matemáticas (en el sentido amplio) para constituir lo que es. Así, y en bandeja de plata, tenemos: "el tiempo absoluto, el verdadero y matemático fluye en sí mismo y por su naturaleza sin relación a nada externo, en uniformidad; con otro nombre se llama duración.

"El tiempo relativo, aparente y vulgar es una medida sensible y externa de una duración cualquiera por medio del movimiento y de la que se sirve el vulgo en vez del tiempo verdadero; cual la hora, el día, el mes, el año.

"El flujo del tiempo absoluto no puede ser alterado. La misma

es la duración o perseverancia de la existencia de las cosas tanto que los movimientos sean veloces, como tardos, como nulos.

"El orden de las partes del tiempo, al igual que las del espacio, es inmutable, pues los tiempos y los espacios son quasilugares para así y para las cosas todas" (6).

"El espacio absoluto, por naturaleza, permanece siempre homogéneo e inmóvil, sin relación a nada externo.

"El espacio relativo es una medida del absoluto o una dimensión móvil cualquiera, que nuestros sentidos definen por su colocación respecto de la tierra, y que el vulgo suele tomar por el espacio absoluto mismo; por ejemplo, las dimensiones de un espacio subterráneo, aéreo, celeste, definidas en relación a la tierra. El espacio absoluto y relativo son lo mismo en especie y magnitud, aunque no coincidan siempre en número. Porque, si, vgr., la tierra se mueve el espacio de nuestro aire, que respecto de la Tierra permanece siempre el mismo, ocupará ahora una parte del espacio absoluto y más tarde otra; y así, desde el punto de vista del espacio absoluto, se mudará continuamente.

"El lugar es una parte del espacio ocupada por un cuerpo; y será lugar absoluto o relativo, según el espacio ocupado" (7).

Nociones matemáticas definidas a la par que el movimiento en las leyes de movimiento. Presencia de una ambivalencia: operar dentro de la teoría y lo que de la teoría se piensa en su génesis o princi-



pios; por ejemplo: " Def. V. Force is the causal principle of motion and rest. And it is either an external principle, which generates or destroys or in some way changes the motion impressed on any body, or it is an internal principle by which the existing motion or rest is conserved in a body, and by which any being endeavours to persevere in its state and opposed resistance... "Def. VIII. Inertia is the internal force of a body, so that its state cannot be easily changed by an externally applied force" (8).

Esta ambivalencia indica dos maneras en que Newton piensa, con las que hay que tener precaución. Hacer, como matemática que se ha asumido como tal y por lo mismo vale y pensar, lo que convendría pensar de acuerdo a cierta idea de la ciencia que se tenga e intentar hacerla valer, una mediación que quiere hacer valer una representación ideológica del mundo como lo que es. Esta manera de hablar de lo que se hace es una determinación discursiva bajo una idea de lo que por "ciencia" (palabra "ciencia") se entiende. Así ocurre que hay que distinguir cuidadosamente lo que quiere hacerse valer y lo que se hace valer efectivamente. El famoso Hypotheses non fingo de Newton refleja esto que decimos (9). Lo mismo ocurre con las Regulae Philosophandi (donde se habla de "causas" ) (10).

NOTAS AL CAPITULO VII

- (1) Cf. A. Koyré. Newtonian Studies. Cambridge, Mass. Harvard University Press. 1965. Pueden obtenerse aquí muchos resultados para emprender la investigación.
- (2) Ibid., p 4.
- (3) Cf. E. Mach, op. cit; H. Poincaré Science and Hypothesis. New York, Dover. 1952; C.D. Broad. El pensamiento científico. Madrid, Tecnos, 1963. Leonard Eisenbud. On the -- classical Laws of americans Journal of Physics, marzo 1958. Robert Weinstock. The laws of classical Motion. American Journal of Physics, octubre 1961.
- (4) Cf. Ludovico Geymonat. Filosoffa y filosoffa de la ciencia. Barcelona, Labor, 1970. p. 38.
- (5) Cf. Karel Kosfk. Dialéctica... p. 43.
- (6) Issac Newton. Mathematical Principles of Natural Philosophy and his System of the World. Los Angeles, University of California Press, 1962. p. 6. Transcribimos la traducción directa del latín de García Bacca. "Tempus absolutum, verum et mathematicum in se et natura sua, sine relatione ad externum quodvis, aequaliter fluit; alio nomine dicitur Duratio.  
"Relativum, apparens et vulgare est sensibilis et externa - quaevis durationis per motum mensura... qua vulgus vice Temporis veri utitur, ut hora, dies, mensi, annus.  
"Fluxus temporis absoluti mutari nequit. Eedem est duratio seu perseverantia existentiae rerum sive motus sint celeres sive tardi sive nulli.

" Ut ordo partium temporis est immutabilis sic etiam ordo partium spatii, nam tempora et spatia sunt suis ipsorum et rerum omnium quasiloca".

- (7) I. Newton. Ibid. "Spatium absolutum natura sua sine relatione ad externum quodvis semper manet simile et immobile.

"Relativum est spatii huius mensura, seu dimensio qualibet mobilis quae a sensibus nostris per situm suum ad corpora definitur et a vulgo pro spatio immobili usurpatur; uti dimensio spatii subterranei, aerii vel coelestis definita per situm suum ad terram. Idem sunt spatium absolutum et relativum specie et magnitudine; sed non permanent semper idem numero. Nam si terra, vgr., moveatur, spatium aeris nostri quod relative et respectu terrae semper manet idem, nunc erit una pars spatii absoluti in quam aer transit, nunc alia pars eius; et sic absolute mutabitur perpetuo.

"Locus est pars spatii quam corpus occupat; estque pro ratione spatii vel absolutus vel relativus".

- (8) I. Newton. A selection from the Unpublished Scientific Papers of Portsmouth collection. Citado por A. Koyré. Studies New. p. 189.
- (9) Cf. A. Koyré, Studies New. pp. 25-52.
- (10) Cf. Ibid. pp. 261-272.



"Una cosa será natural cuando tenga intrínsecas las cuatro causas: eficiente, final, material y formal. Y lo será en la medida que las tenga intrínsecas.

Una causa material, como la semilla respecto del árbol, será - causa material natural cuando la misma causa material tenga en sí misma y por sí misma un cierto principio (árké) y causa para un cierto movimiento o transformación. (metabolé, kinesis), de modo que en virtud de ese ímpetu intrínseco e innato -peculiar a toda cosa natural, que lo sea de verdad y no de mentirijillas- pasará del estado de potencia al estado de acto, y tal paso se hará sin causas externas, propiamente tales, por intrínseca transformación, que para algo es causa material natural, y no es causa material artificial como el leño respecto de los muebles, como el mármol respecto de la estatua. Que, respecto de las formas de mueble y estatua, ni leño ni mármol sienten un ímpetu intrínseco a darse semejantes formas; y sí lo tienen la semilla respecto del árbol, y la piedra respecto a la superficie de la tierra. (Que el movimiento de caída de los cuerpos se verifica, según Aristóteles, sin causa externa, por la sola naturaleza de los objetos, dejados a sí mismos).

Y una causa material natural se denomina en Aristóteles dinamis, poder; y cuanto tal poder se haya desarrollado por sí mismo - y haya llegado a plenitud, se denominará causa formal natural; y se dice que tal causa material natural está en estado de acto (én-ergía), de modo que, según la genuina doctrina aristotélica -no según su interpretación escolástica, deformada por las necesidades - teológicas de admitir un concurso divino universal en todos los órdenes de causa- la potencia y el acto no son dos seres, comple-

mentarios, sino dos estados del mismo ser, cuando se trata de un ser natural, y, en especial, de una causa material natural.

A su vez: ese mismo intrínseco e innato ímpetu por el que una causa material natural pasa del estado de poder al de acto es un cierto principio i manera de causa, a saber: causa eficiente, de manera que un ser natural es causa eficiente de algunos cambios y movimientos suyos: de los naturales.

Y como el paso del estado de potencia al estado de acto se verifica según y conforme a la naturaleza o esencia de las cosas naturales, toda cosa natural, en cuanto natural, tendrá intrínseca una causa final, pues la evolución impuesta por el ímpetu natural sigue los estados y pasos que llevan al estado de acto, que es el estado final y al que se ordena el de potencia.

De modo que, en resumen, un ser natural, en cuanto tal, posee intrínsecamente las cuatro causas: eficiente, final, material y formal.

Un ser natural es lo que es de sí mismo, por sí mismo, en sí mismo y para sí mismo. Ejemplos: todos los vivientes en cuanto tales. Y de los no vivientes todos aquellos que poseen un movimiento natural; como lo son en la teoría antigua, los cuerpos elementales: agua, aire, tierra, fuego, éter. Cada uno tiene su peculiar clase de movimiento, y para moverse según él -hacia arriba, hacia abajo, circularmente...- no hace falta ninguna causa externa, sino simplemente que se los deje a su natural".

J.D. García Bacca: Introducción filosófica la poética, en -  
Poética de Aristóteles publicada, en traducción directa por el mismo  
García Bacca, por la UNAM, México, 1946, pp. XXII-XXIV. Cf. también  
León Brunschvicg: L'Experience Humaine et la Causalité Physique. -  
París, Ulcan, 1922; libros VI y VII, especialmente pp. 155-160. Paul  
Sandor, Historia de la Dialéctica. Buenos Aires, Siglo veinte, 1964.  
pp. 36-38.





¿Qué significa "matemática" y qué "matemático"? Podría pensarse que es sólo a través de aquélla que sabríamos lo que es éste; pero - esto es un error, porque "la misma matemática es una configuración - determinada de lo matemático". (1) ¿Qué ocurre entonces si la matemática no explica a lo matemático? Es conveniente en estas situaciones atenerse a las palabras, sin embargo, "no siempre encontramos junto a esta palabra su contenido. Pero en los griegos de los que proviene la palabra, puede suponerse esto sin riesgo. Lo "matemático", según la formación de la palabra, viene de *τα μαθηματικά*, lo que se puede aprender, y por eso también lo que se puede enseñar; *μαθηματικόν* significa aprender, y *μαθησις* la enseñanza, en un doble sentido; en enseñanza como buscar el aprendizaje y aprender, y enseñanza como aquello que se enseña." (2). Enseñanza y aprendizaje están tomados aquí en un sentido muy amplio y no como escuela y doctrina. Pero es necesario aclarar más el sentido auténtico de lo matemático viendo dentro - de qué disposición se establece en los griegos y cómo está dilimitado. La palabra *μαθηματικά* se introduce con las siguientes determinaciones: "1. *ἐκ φύσεως* - las cosas, en cuanto surgen y se presentan por sí mismas; 2. *ἐκ ποιήσεως* - las cosas en cuanto son producidas artesanalmente por el hombre, y están presentes como tales; 3. *ἐκ χρήσεως* - las cosas en cuanto están en uso y en permanente disposición, pueden ser o *φύσικα*, piedras y cosas semejantes, o *ποιηθέντα*, cosas expresamente fabricadas; 4. *ἐκ πράξεως* - las cosas en cuanto son en general cosas con las que tenemos trato, sea que las elaboremos, usemos o transformemos, o sea que sólo las contemplemos o investiguemos, *πράγματα*, referidas a *πράξις* en sentido amplio, no en el sentido más estrecho del uso práctico (Cf. *χρήσιμα*) ni en el sentido de la *πράξις* como acción en el sentido de acción moral; *πράξις* es todo hacer, emprender, mantener, lo que incluye en si también la *ποίησις*; y finalmente,

**Ε. Ζα Μαθήματα** . Según las cuatro caracterizaciones anteriores, debemos decir aquí, en cuanto a las **μαθήματα** : las cosas, en cuanto ellas...; la pregunta es: ¿en cuanto qué?" (3).

Lo matemático, pues, está referido a las cosas con una referencia particular y especial. ¿Cuando se les ve y considera a las cosas como matemáticas, en qué respecto se toman? **μάθησις** significa aprender; **μάθημα** lo aprendible; entonces lo matemático alude a las cosas en cuanto son aprendibles. Aprender es un modo del tomar y del apropiarse; pero no todo tomar es un aprender. "Tomar significa apropiarse de algún modo de una cosa y disponer de ella. ¿Qué clase de tomar indica el aprender? **Μαθήματα** -cosas, en cuanto las aprendemos. Pero considerando rigurosamente no podemos aprender una cosa por ejemplo, un arma; sólo podemos aprender el uso de la cosa. De acuerdo a esto el aprender es un tomar y un apropiarse donde lo apropiado es el uso. Tal apropiación se produce por el mismo uso. Ese uso lo llamamos ejercicio. Pero el ejercicio es a su vez sólo una manera de aprender. No todo aprender es un ejercitar. Pero, ¿Cuál será entonces la esencia del aprender en el sentido auténtico de la **μάθησις** ? ¿Porqué el aprender es un tomar? ¿Qué es lo que se toma de las cosas, y cómo se lo toma?" (4).

Mediante el ejercitar como especie del aprender dominamos el modo de tratar la cosa, esto es, nuestro proceder y trato se adecuan a lo que la misma cosa exige. Al mismo tiempo, con el ejercitar aprendemos a conocer la cosa. Aprender es siempre aprender a conocer. En el aprender hay distintos matices, direcciones del aprender, aprendizaje del empleo, aprendizaje del conocer. A su vez, el aprender a conocer tiene distintos grados. Aprendo a conocer este piano parti-

cular, aprendo lo que es un piano de este tipo y lo que es un piano en general. Pero en el ejercicio, que es un aprender el uso, el -- aprender que corresponde al conocer permanece dentro de un cierto - lfmite. En la medida en que el aprendiz se convierte en buen pianis ta, la cosa llega a ser conocida de una manera general. Sin embargo, en la cosa, el piano queda aún mucho para aprender a conocer, apren- der en general, por ejemplo las leyes de las cuerdas vibrantes, de la . termodinámica, etc. Se puede saber más sobre el piano; "Se puede apren- der qué función tiene una cosa como ésta. Pero esto no necesitamos sa- herlo al usar la cosa. Por cierto que no, pero no excluye que esa fun- ción pertenezca a la cosa. Cuando se trata pues de disponer, es decir, de producir una cosa cuyo uso estamos ejercitando, el que la produce debe saber de antemano qué función general tendrá la cosa... Este --- aprender a conoer es el fundamento real para la producción de la cosa, y a su vez la cosa producida es el fundamento posibilitante para el - ejercicio v el uso. Lo que aprendemos en el ejercicio es sólo una -- parte limitada de lo que se puede aprender de la cosa. El aprender original es aquel tomar, por el cual conocemos que ésto, lo que es -- cada vez una cosa como tal, es una cosa de uso. Pero en verdad ya lo sabemos....Cuando tomamos conocimiento en forma explícita y de manera determinada, entonces introducimos en el conocimiento algo que en ver- dad y a tenemos. Precisamente este "tomar conocimiento de" es la au- tónica esencia del aprender, de la μάθησις . Las μαθήματα , son las cosas, en cuanto las introducimos en el conocimiento, introdu- ciéndolas en el conocimiento como lo que de ellas ya es conocido de antemano, el cuerpo en cuanto corporeidad, la planta en cuanto vegetal, el animal en cuanto animalidad, la cosa en cuanto cosidad, etc. Este

verdadero aprender es por lo tanto muy notable, en el cual el que toma, toma sólo aquello que en el fondo ya tiene. El enseñar corresponde a este aprender" (5).

Puesto que los números son, en nuestro trato y cálculo con las cosas, y por consiguiente en nuestro enumerar, aquello que nos es lo más inmediato entre lo que conocemos de las cosas sin extraerlo de ellas, por eso mismo, son los números lo más conocido de lo matemático. Por esto mismo lo más conocido de lo matemático, se convierte luego en lo matemático sin más.

"Nuestra expresión "lo matemático" tiene siempre doble significado. Significa en primer lugar, lo que es aprendible en la manera que hemos caracterizado, y solo por ella. En segundo lugar, el modo mismo del aprender y del proceder. Lo matemático es lo potente en las cosas, dentro de lo cual nos movemos desde siempre, conforme a lo cual las comprendemos en general como cosas, y como cosas tales. Lo matemático es aquella posición fundamental en la cual nos proponemos las cosas en aquel modo en que ya nos son dadas, y deben ser dadas. Por eso lo matemático es el presupuesto básico del saber sobre las cosas" (6).

#### N O T A S

- (1) Martin Heidegger. La pregunta por la cosa. Bs. As. Ed. Alfa Argentina, 1975-p. 65.
- (2) Ibid. p. 65
- (3) Ibid. p. 66
- (4) Ibid. p. 67

(5) Ibid. p. 68.

(6) Ibid. p. 71.

## BIBLIOGRAFIA

1. Alvarez, Chozas, Ramirez, Roditi, Zambrana. El Silencio del Saber. México, Nueva Imagen. 1979.
2. Aristóteles. Obras. Madrid, Aguilar.
3. Babini, José. La ciencia en el período grecorromano. Buenos Aires. Centro Editor de América Latina, 1968.
4. Babini, José. Arquimides. Buenos Aires, Espasa-Calpe, 1947.
5. Bachelard, Gastón. La actividad racionalista de la Física contemporánea. (Trad. Estela Canto) Buenos Aires, Siglo Veintiuno. 1975.
6. Bachelard, Gastón. El compromiso Racionalista (Trad. Hugo Beccacece) Buenos Aires, Siglo XXI 1973.
7. Bachelard, Gastón. La Filosofía del no. (Trad. Noemí Fiorito) Buenos Aires, Amorrortu. 1973.
8. Bachelard, Gastón. La formación del espíritu científico. Tr. José Babini. Buenos Aires, Siglo XXI, 1972.
9. Bernal, John D. Historia de la Física Clásica. México, Siglo XXI- 1977.
10. Berry, Arthur. A Short history of Astronomy. New York, Dover.
11. Bitsakis, Eftichios. Física contemporánea y materialismo dialéctico. (Trad. J. Fernández valencia). México, Ediciones de Cultura Popular. 1975.
12. Black, Max. Modelos y Metáforas. (Tr. V. Sánchez de Zavala) Madrid, Tecnos. 1966.
13. Blanché, Robert. El método experimental y la filosofía de la física. (Tr. Agustín Ezcurdia) México, FCE. 1975.
14. Boyer, Carl, B. The History of calculus and its conceptual development. New York, Dover. 1949.
15. Léon Brillouin. La información y la incertidumbre en la ciencia. (Tr. Madalena Sancho) México, UNAM. 1969.
16. Brody, Tomás A. The axiomatic approach in physics. México, INFUNAM. 1977.
17. Brody, Tomás A. La revolución actual en la física y sus problemas filosóficos. México, Ed. Grijalbo. 1979.
18. Bruno, Giordano. Obras. (Recopilación de Paolo de Lagarde) Bari, Giuz Laterza. 1927.

19. Brunshvigg, León. L'expérience humaine et la causalité physique. París. Ulcan, 1922.
20. Bunge, Mario. Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna. Buenos Aires, EUDEBA. 1972.
21. Cajovi, Florian. A History of Physics en its Elementary Branches. New York, Dover. 1962.
22. Carnap, Rudolf. Fundamentación lógoca de la Física. (Tr. Nestor Miguens) Buenos Aires, Sudamericana. 1969.
23. Carnap, Rudolf. Introduction to Symbolic Logic and its Applications. New York, Dover. 1958.
24. Cassirer, Ernest. Filosoffa de las Formas Simbólicas. (Tr. Armando Morones) México, FCE. 1972.
25. Crombie, Alastair C. Historia de la Ciencia, de San Agustín a Galileo. - (Tr. J. Bernia) Madrid, Alianza. 1973.
26. d'Abro, A. The Evolution of Scientific Thought. New York, Dover. 1950.
27. de Cusa, Nicolás. La Docta Ignorancia. Madrid, Aguilar. 1976.
28. Dilthey, Wilhelm. Historia de la Filosofía. (Tr. Eugenio Imaz) México FCE. 1967.
29. Dreyer, J.L.E. A History of Astronomy. New York, Dover. 1952.
30. Duhem, Pierre. Les Origines de la Statique. París, Hermann. 1905.
31. Duhem, Pierre. Le Système du monde. París, Hermann. 1913.
32. Einstein, A. e Infield, L. The Evolution of Physics. New York, Simon and Schuster. 1938.
33. Einstein, Albert. Prefacio a el Dialogo de Galileo. (Tr. Stillman Drake) Los Angeles, University of California Press. 1962.
34. Estrada Gasca, Claudio. Estudio histórico-crítico de la mecánica galileana. Tesis profesional, México UNAM. 1978.
35. Fatáliev, J.M. Marxismo-Leninismo y Ciencias Naturales. (Tr. Quantum) Mon tevideo, Ediciones Pueblos Unidos. 1965.
36. Fichant, M y Pécheux, M. Sobre la História de las Ciencias. (Tr. D. Karsz Esquibel) Buenos Aires, Siglo XXI. 1971.
37. Foucault, Michel. El nacimiento de la clínica. (Tr. Francisca Perujo) - México, Siglo XXI. 1966.
38. Foucault, Michel. El Orden del Discurso. Barcelona, Tusquets. 1977.

39. Galilei, Galileo. Dialogue Concerning the two Chief World Systems. (Tr. Stillman Drake) Los Angeles, University of California Press. 1962.
40. Galilei, Galileo. Dialogues Concerning Two New Sciences. (Tr. Henry - Crew y Alfonso da Salvio) New York. Dover. 1954.
41. García Macca, Juan David. Historia Filosófica de la Ciencia. México - UNAM. 1963.
42. García Bacca, J.D. Introducción Filosófica a la Poética, en Poética de Aristóteles. México, UNAM. 1946.
43. García Bacca, J. D. Prólogo al libro de H. Reichenbach: Objetivos y métodos del Conocimiento Físico. México, El Colegio de México. 1945.
44. Geymonat, Ludovico. Filosofía y Filosofía de la Ciencia. (Tr. Manuel Sacristán) Barcelona, Labor. 1970.
45. Geymonat, Ludovico. Galileo Galilei. (Tr. J. R. Capella) Barcelona, Península. 1969.
46. Giva, Michele. Storia delle Scienze ed Epistemologia. Torino, Chiantore. 1945.
47. Gurméndez, Carlos. El Tiempo y la Dialéctica. Madrid, Siglo XXI. 1971.
48. Hartmann, Nicolai. Sobre la Doctrina del EIDOS en Platón y Aristóteles. (Tr. Bernabé Navarro B) México, UNAM, 1964.
49. Hasse, Mary B. Forces and Fields, the Concept of Action at a Distance. New Jersey, Littlefield, Adams & Co. 1965.
50. Heath, T.L. The Works of Archimedes. New York, Dover.
51. Heidegger, Martin. Introducción a la Metafísica. (Tr. Emilio Estiú) Buenos Aires, Nova. 1972.
52. Heidegger, Martin. La Pregunta por la Cosa. (Tr. E. García Balsance y Zoltan Szankay) Buenos Aires, Alfa Argentina. 1975.
53. Heidegger, Martin. ¿Qué Significa Pensar? (Tr. Heraldo Kahnemann) Buenos Aires, Nova. 1972.
54. Heidegger, Martin. Sendas Perdidas. (Tr. José Rovirosa Armengol) Buenos Aires, Losada. 1960.
55. Heidegger, Martin. Ser y Tiempo. (Tr. José Gaos) México, FCE 1971.
56. Holton, G. y Roller, D. Foundations of Modern Physical Science. Massachusetts, Addison-Wesley. 1958.
57. Horkheimer, Max. Crítica de la Razón Instrumental. (Tr. H. A. Murena y D. I. Vogelmann) Buenos Aires, Sur. 1973.
58. Husserl, Edmund. Meditaciones Cartesianas. (Tr. José Gaos) Méx. EL Colegio de México. 1942.



59. Husserl, Edmund. The phenomenology of Internal Time-Consciousness. (Tr. James S. Churchill) Bloomington, Indiana Univ. 1954.
60. Jammer, Max. Conceptos de Espacio. Grijalbo. 1970.
61. Jeans, James. Historia de la Física. (Tr. M. Hernández Barroso) México, FCE. 1960.
62. Jeauneau, Edouard. La Filosofía Medieval. (Tr. Nestor A. Míguez) Buenos Aires, EUDEBA. 1965.
63. Kant. Crítica de la Razón Pura. (Tr. José del Perojo y A. Klein) Buenos Aires, Losada. 1973.
64. Kosík, Karel. Dialéctica de lo Concreto. (Tr. A. Sánchez Vázquez) México, Grijalbo. 1967.
65. Koyré, Alexandre. Estudios de Historia del Pensamiento Científico (Tr. F. Pérez Sedaño y Eduardo Bustos). Méx. Siglo XXI. 1977.
66. Koyré, Alexandre. Etudes Galiléennes. París, Hermann. 1966.
67. Koyré, Alexandre. Etudes Newtoniennes. París, Hermann. 1964.
68. Koyré, Alexandre. From the Closed World to the Infinite Universe. New York, The John Hopkins Univ. Press. 1957.
69. Koyré, Alexandre. Dal Mondo del Pressappoco all'Universo della Precisione. (Tr. Paola Zambelli) Torino, Nuovo Politecnico. 1967.
70. Koyré, Alexandre. Studies Newtonian. Cambridge, Mass. Harvard Univ. Press. 1965.
71. Koyré, Alexandre. La Rivoluzione Astronomica. (Tr. Libero Sosio) Milan, Feltrinelli. 1966.
72. Kuhn, Thomas S. The Copernican Revolution. Cambridge, Mass. 1957.
73. Kuhn, Thomas S. La Estructura de las Revoluciones Científicas. (Tr. Agustín Contín). México, FCE. 1971.
74. Labastida, Jaime. Producción, ciencia y sociedad: de Descartes a Marx. México, Siglo XXI. 1976.
75. Lavelle, Louis. Introducción a la Ontología. (Tr. José Gaos). México, FCE. 1953.
76. Locourt, Dominique. Para una Crítica de la Epistemología. (Tr. Marta Rojtzman) Buenos Aires, Siglo XXI. 1973.
77. Mach, Erns. Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica. (tr. J. Babini) Buenos Aires, Espasa-Calpe. 1949.
78. Mayz Vallenilla, Ernesto. Ontología del Conocimiento. Caracas - Univ. Central de Venezuela. 1960.

79. Muguerza, Javier. La Concepción Analítica de la Filosofía. Madrid, Alianza, 1974.
80. Mumford, Lewis. Técnica y Civilización. (Tr. Agnor de Acevedo) Madrid, Alianza. 1977.
81. Neugebauer, O. The Exact Sciences in Antiquity. New York, Dover. 1969.
82. Pannekoek, A. A History of Astronomy. London, G. Allen & Unwin. 1961.
83. Papp, Desiderio. Historia de la Física. Buenos Aires. Espasa-Calpe. 1961.
84. Paz, Octavio. El Arco y la Lira. México. FCE. 1970.
85. Plotino. Eneadas. México. Editora Nacional. 1967.
86. Poincaré, Henri. El Espacio y el Tiempo. (Tr. Miguel Bueno). México, UNAM. 1964.
87. Platón. Diálogos. México, Porrúa. 1966.
88. Platón. República. México. UNAM. 1964.
89. Ramírez, Santiago. Notas sobre la Historia del Concepto de Ciencia. Méx. UNAM, Fac. de Ciencias. 1978.
90. Ramírez, Santiago. Pour une Epistemologie des Mathematiques. Tesis doctoral para la Univ. de París XIII, 1977.
91. Reichenbach, Hans. La Filosofía Científica. (Tr. H. Flores Sánchez) México, FCE. 1973.
92. Reichenbach, Hans. El Sentido del Tiempo. (Tr. Ana S. de Liberman). México, UNAM. 1959.
93. Rouse Ball, W. W. A Short Account of the History of Mathematics. New York, Dover.
94. Sandor, Paul. Historia de la Dialéctica. (Tr. Juan José Sebrelli) Buenos Aires, Siglo veinte. 1964.
95. Sarton, George. Ciencia Antigua y Civilización Moderna. (Tr. - Concha Albornoz) México, FCE. 1971.
96. Singer, Dorothea. Sobre el Infinito Universo y los Mundos. (Tr. Angel Cappelletti). Buenos Aires, Aguilar. 1972.
97. Smith, David E. History of Mathematics. New York, Dover. 1951.
98. Sosa, Ernesto. Tipos de Causalidad. Crítica. (Revista Hispanoamericana de Filosofía). Vol. X, No. 30, 1978.

99. Soustelle, Jacques. La Vida Cotidiana de los Aztecas. (Tr. Carlos Villegas) México. FCE, 1977.
100. Thorndike, Lynn. History of Magic and Experimental Science. New York. 1941.
101. Vailati, Juan. Contribuciones a la Historia de la Mecánica. (Tr. Hugo Incarnato) Buenos Aires. Espasa-Calpe. 1947.
102. Vignaux, Paul. El Pensamiento en la Edad Media. (Tr. Tomás Segovia) México, FCE. 1954.
103. Westfall, Richard S. The Problem of Force in Galileo's Physics. en Galileo Reappraised. Los Angeles. Universidad de California.
104. Wittgenstein, Ludwig. Tractatus Logico-Philosophicus. (Tr. E. Tierno Galván) Madrid, Alianza. 1973.