

ALGUNAS ANOTACIONES SOBRE LAS LIMITACIONES DEL FONDO TEORICO EN LA CIENCIA ANTIGUA

ALFONSO HERNANDO GONZALEZ
Escuela de Maestría Industrial de Burgos

RESUMEN

En este trabajo tratamos de estudiar brevemente las diferencias entre los trasfondos filosóficos de la ciencia antes y después del triunfo de la revolución científica, así como la influencia de este trasfondo en el desarrollo de la propia ciencia.

Para ello utilizamos la idea de que, lo que llamamos Estructura Ontológica dominante, provee en cada momento un sistema de coordenadas dentro del cual se mueven "casi" todas las investigaciones.

A continuación, describimos dos estructuras ontológicas: la clásica y la moderna.

En la segunda, las teorías gozan de gran libertad formal y se usa la experiencia controlada para contrastarlas.

En cambio, en la ciencia clásica, la experiencia es considerada de una forma más global y las teorías no gozan de las libertades formales que iran apareciendo después.

ABSTRACT

In this paper we attempt to study briefly the differences between the philosophical backgrounds before and after the scientific revolution and its influence in the development of the science.

In order to achieve our purpose we suggest the idea that the so called dominant Ontological Structure provides in each moment a reference frame system in which every or almost every research is included.

Now, we are going to describe two ontological structure, the classic and the modern.

In the second structure, the theories have much formal freedom and controlled experience is used to contrast them.

However, in the classic science, experience is taken as a whole and the theories have not so much formal freedom as in the modern science.

Posteriormente, tratamos de aplicar estas ideas a diferentes aspectos de la geometría y la astronomía griegas. También analizamos brevemente algunas de las ideas contenidas en el Timeo, texto que consideramos fundamental para estudiar las diferencias entre la ciencia antigua y la moderna. Por último señalamos que en la Antigüedad nunca se consiguió crear un programa alternativo a la estructura ontológica clásica.

Sin embargo, a partir de la Baja Edad Media, el mundo de la ciencia, pese a estar subordinado al mundo divino, adquiere unas características que preparan el advenimiento de la ciencia moderna.

Subsequently, we attempt to apply these ideas to different aspects of the Greek Astronomy and Geometry. In particular, we analyze some ideas by Plato's Timeo, a essential text to study the differences between ancient and modern science. Finally, we remark that the Antiquity was never able to build an alternative program to classic ontological structure.

Since the Middle Ages, the world of science, in spite of the fact that is subordinate to divine world, acquires certain features which prepare the arrival of modern science.

Palabras clave: Ontología, Historia de la Ciencia en la Antigüedad Clásica, Euclides, Platón.

1. Introducción

Desde que las ideas de Kuhn fueron aceptadas por la mayoría de los historiadores de la ciencia, se admite que en el desarrollo científico cabe distinguir dos fases:

a) Una -denominada por Kuhn ciencia normal- en la que el paradigma dominante se va desarrollando y perfeccionando.

b) Y otra, en la que un paradigma es sustituido por otro, tras un periodo de "crisis".

Uno de los autores que más han contribuido a dar firmeza al enfoque de Kuhn ha sido sin duda Lakatos -pese a la polémica que ambos sostuvieron-, de acuerdo con sus ideas, la aparición de contraejemplos aislados y de algunas lagunas en la teoría no fuerza al abandono del correspondiente paradigma, ya que, en caso contrario, ninguna teoría podría salir del estado embrionario.

Un paradigma no es abandonado más que cuando existe otra teoría que es capaz de dar cuenta de, al menos, un grupo significativo de lagunas de la teoría

anterior de forma "más natural". Esta flexibilización, permite comprender mucho mejor la evolución de las teorías científicas, así como lo que Lakatos significativamente llamaba "reconstrucción racional" de la historia de la ciencia. Dicho de otra forma, si aplicamos la lógica de una forma muy estricta, difícilmente podremos dar cuenta de la complejidad de la historia real de la ciencia, pero si ampliamos esta lógica, admitiendo que puedan aparecer contradicciones locales, y que, en cada contexto, los científicos están interesados en defender un determinado programa, probablemente podamos acercarnos más al desarrollo real de la ciencia¹.

En este trabajo, trataremos de aplicar esta línea de pensamiento, pero refiriéndonos a un concepto algo diferente del de paradigma.

Aquí, en consecuencia, nos limitaremos a un enfoque puramente "internalista", pero en un sentido algo más amplio del habitual (ya que, a veces, deberá incluir factores extracientíficos, aunque siempre dentro de lo puramente cultural). Lo que, por supuesto, no quiere decir que otros enfoques no sean necesarios o pertinentes.

2. La idea de estructura ontológica subyacente

El concepto de paradigma es, en términos generales, adecuado para estudiar la historia de la ciencia desde el triunfo de la revolución científica en el siglo XVII, sin embargo, nos parece que para estudiar diferencias más profundas, tales como las que aparecen entre la ciencia moderna y la ciencia en la Grecia Clásica, conviene modificarlo de manera que abarque un terreno más amplio que el de las teorías científicas. Para llevar a cabo este proceso, nosotros hemos recurrido a lo que llamaremos estructura ontológica subyacente que caracterizaremos en primera instancia de la siguiente manera:

Asociado a un contexto cultural dado aparece un conjunto de "creencias" relativas a la estructura ontológica del mundo, es decir, aparecen una serie de ideas sobre cuáles son los *constituyentes básicos del mundo y las relaciones entre ellos*.

Con ello, queremos indicar que para describir una EO basta con referirse a unas pocas características muy generales, por ejemplo, para describir la EO asociada al cristianismo en la edad media basta con decir: Hay una entidad todopoderosa (Dios) que es la que ha producido el mundo -que es una entidad separada de lo divino-, y que, dentro de lo creado, cabe distinguir lo material de lo espiritual. En particular, en el hombre distinguimos cuerpo y alma.

Está claro pues que, como hemos indicado, la idea de EO es más amplia que la de paradigma, de manera que, en términos generales, distintos paradigmas pueden ser incluidos dentro de la misma EO. Por ejemplo, el paradigma clásico y el paradigma relativista pueden ser incluidos dentro de la misma EO.

Es muy importante, para evitar confusiones, distinguir entre EO y la orientación filosófica de cada autor, de hecho, dentro de una misma EO caben muy distintas orientaciones filosóficas. Por ejemplo, todo el desarrollo de la escolástica durante la edad media cabe dentro de la EO que hemos descrito un poco más arriba, pese a lo cual, hubo grandes diferencias entre unos autores y otros. Por otro lado, también es posible que en una misma época aparezcan distintas EO.

Hay otra diferencia crucial entre EO y posicionamiento filosófico, que radica en que, mientras que éste último es siempre una elaboración consciente, una determinada EO puede asumirse de forma parcial o totalmente inconsciente (cosa que también ocurre con los paradigmas).

En este trabajo procuraremos centrarnos en la influencia que tienen las EO en el desarrollo científico, más que en sus implicaciones filosóficas. En ese sentido, cabe destacar que así como la idea kuhniiana de paradigma viene asociada a la idea de Lakatos de programa de investigación, del mismo modo cada EO desarrolla un "proyecto científico general" que trata de conducir al conocimiento de sus detalles. Este es un punto fundamental: *Toda actividad científica viene impulsada por algún proyecto general.*

Nunca se investiga sin tener una meta, más o menos ambiciosa, a la que se quiere llegar.

Lógicamente, el cambio de EO, como el de paradigma, siempre es problemático, ya que viene acompañado de rupturas profundas.

Nuestro objetivo es tratar de analizar algunas de las peculiaridades de la ciencia griega, partiendo de las diferencias entre las EO de la antigüedad y las de la ciencia moderna. Para ello, en primer lugar, nos ocuparemos de estas diferencias de forma bastante abstracta, para, posteriormente, tratar de poner algunos ejemplos históricos más concretos que ayuden a dar contenido a las afirmaciones hechas previamente².

3. Estructuras Ontológicas en la antigüedad clásica

3.1. Las EO de los Filósofos Jónicos y de los Pitagóricos

Los primeros filósofos jónicos adoptaron una estructura del mundo que era la más sencilla posible: El mundo consiste en cosas materiales (M), para estudiar su estructura, recurrían a la idea de que lo que hay en M está constituido por unos pocos elementos con su origen común³.

Casi simultáneamente, aparece lo que podríamos denominar EO asociada al pitagorismo. Esta escuela se da cuenta de que, tras el mundo material (M), hay un entramado de relaciones que no se puede ignorar, pero, otra vez, se adoptan las ideas más sencillas posibles, según las cuales, lo auténticamente real es R, y el mundo material, M, pasa a ser la simple manifestación de R.

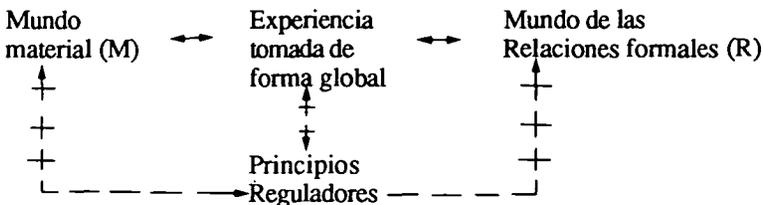
Para apoyar estas ideas hicieron uso del sistema de relaciones formales más sencillo y más armonioso: el de los números positivos y ordenados. Por tanto, el programa pitagórico consistía en demostrar que toda la realidad está constituida únicamente con la idea de una sucesión de unidades ordenadas. En cualquier caso M y R permanecen unidos⁴.

Por desgracia, esta cosmovisión tan sencilla no pudo mantenerse largo tiempo, como es bien sabido, el descubrimiento de los números irracionales -salidos precisamente de la entraña de sus amados números enteros- precipitó la ruina del sistema⁵.

Así las cosas, no quedó más remedio que adoptar una EO ligeramente más complicada que llamaremos EO clásica.

3.2. La Estructura Ontológica Clásica

Para su estudio utilizaremos el siguiente esquema.



Tras el fracaso del proyecto pitagórico no queda más remedio que separar M y R, sin embargo, se procura que se mantengan lo más unidos que sea posible⁶. En este sentido destacaremos lo siguiente:

- R es una reconstrucción de M.
- R interpreta de forma global a M que también es considerado de esa forma.
- R y M están profundamente interrelacionados. Comprender R y M es lo mismo.
- Lo empírico es tomado de una forma global, y tratando de fijar las características más generales, lo empírico casi nunca es desmenuzado como se hace en la ciencia moderna, ni se trata de "forzar" la naturaleza con experimentos que se alejen mucho de las condiciones "normales" que se dan en ella.
- Para unificar R y M se utilizan ideas -principios reguladores- que emanan de un fondo religioso (los restos del mundo sagrado) por un lado, y de un deseo panracionalista por otro.
- Los nombres de estas ideas son de sobra conocidos: Armonía, Orden, Unidad,..., y no son otra cosa que los descendientes directos de la idea de origen en el proyecto jónico.

Con este esquema, todavía muy sencillo, se quiere dar cuenta de todo lo que hay. Su limitación más evidente, desde un punto de vista moderno, consiste en que la tendencia a unificar lo más posible, hace que las teorías que aparecen en R dependan fuertemente de una serie de consideraciones que proceden, tanto de evidencias empíricas, como del deseo de preservar las ideas unificadoras a las que antes hemos aludido.

Por ello, *la forma de las teorías de R está severamente limitada*, ya que, por así decirlo, no pueden alejarse demasiado de algunas condiciones empíricas inmediatas, así como tampoco pueden renunciar a buscar la armonía y la unidad.

Además, R se suponía que estaba constituido por "cosas" con una estructura bastante rígida. Es decir, no se consideraba que sus elementos fueran instrumentos flexibles que pudieran adaptarse a los diferentes problemas, por el contrario, era la propia ciencia la que debía adaptarse a ellos.

De hecho, el mundo era visto como algo unitario y NECESARIO, de forma que lo que no estuviera dentro de su marco tampoco podía caer en las teorías científicas. No se distinguía muy claramente entre lo que no cabía en el mundo y lo simplemente absurdo.

Para insistir más en este punto, vamos a ver ahora las peculiaridades metodológicas de la ciencia griega, a través de la comparación con la EO que, nos parece, caracteriza la ciencia moderna.

3.3. La EO de la Ciencia Moderna

En la ciencia moderna, el mundo de los fenómenos (M) y el de las teorías (R) están divididos en un gran número de partes.

A su vez, el conjunto de M y R constituye el ámbito de la ciencia, fuera de ella pueden quedar otros tales como el teológico, el filosófico, etc. en los que no podemos entrar, sólo constatar con ello la complejidad de la EO en la modernidad.

Hay que señalar que en la EO clásica no se hacen estas divisiones, por el contrario, se trata de preservar, en la medida de lo posible, la unidad ontológica del mundo.

La experiencia es utilizada para contrastar o refutar una suposición entre unas pocas variables que normalmente aparecen dentro de un contexto teórico más general.

Para realizar un experimento, tenemos que conseguir las condiciones adecuadas, normalmente, aislando el fenómeno del resto del mundo (justo al revés de lo que se hacía en la antigüedad, en la que la experiencia tendía a hacer siempre referencia a la totalidad del cosmos).

Al contrario que en la EO clásica, *las proposiciones de R no tienen ninguna limitación formal*, en principio, se puede admitir cualquier forma como hipótesis de trabajo. Incluso teorías que parecen contrarias a la experiencia pueden admitirse, ya que puede ocurrir que finalmente puedan aplicarse a algún tipo de fenómenos (piénsese en los espacios vectoriales de más de tres dimensiones, o en las geometrías no euclídeas).

En la modernidad, R está constituida por relaciones flexibles y adaptables, y no, como ocurría antes, por objetos rígidos y con una dignidad casi sagrada. R, en la antigüedad, era PRESERVADO para dar SENTIDO y contenido a M.

En la actualidad, R es MODIFICADO constantemente a fin de aumentar su capacidad de DESCRIBIR M.

Señalemos brevemente que, mientras que el concepto de ley física se acomoda bien con los planteamientos modernos -que sólo piden, en principio, descripción-, encuentra grandes dificultades para insertarse en los, mucho más estrictos, esquemas antiguos. Por otro lado, al igual que ocurre con la experiencia, las teorías aparecen muy fragmentadas.

También hay que fijarse en que las teorías modernas son mucho menos exigentes en cuanto a la explicación del mundo, ya que, como queda dicho, lo único que tratan es de describir de la forma más exacta posible un determinado conjunto de fenómenos. Sin embargo, en último término, las teorías dentro de R se engarzan unas dentro de otras, de manera que el fin último del científico sigue siendo la construcción de una teoría que dé cuenta de la estructura de la realidad de una forma unitaria, sin bien es verdad que el camino que tenemos que recorrer desde la experiencia hasta su explicación teórica es mucho mayor de lo que estaban dispuestos a admitir los antiguos griegos, y lo podemos recorrer de forma mucho más libre.

De alguna manera, los físicos que se afanan en la búsqueda de una teoría de la unificación de todas las interacciones, son los herederos de los teóricos griegos que buscaban la armonía del mundo en la música pitagórica o en los movimientos de los astros.

Como resumen podemos decir que:

a) El fin de todos los proyectos científicos emprendidos por el hombre es el mismo: adquirir una comprensión del mundo de la forma más unitaria y satisfactoria posible.

b) A lo largo de la historia de la ciencia en el mundo occidental, se va mediatizando más y más el camino que va desde los fenómenos del mundo material (M) a la explicación de todo lo que en él ocurre de forma teórica (R).

Ahora enunciaremos unas reglas provisionales para describir el paso de una EO a otra.

Regla 1 (Lakatos): Aun cuando se detecten fallos o irregularidades en una EO, ésta no es abandonada de inmediato, aunque puede ser modificada de forma parcial.

Regla 2: Cuando una EO más compleja sustituye a otra, se procura compensar este aumento de la complejidad con la "promesa" de que se conseguirá una explicación mejor, que conducirá, en último término, a una visión más unitaria y satisfactoria del cosmos.

4. Anotaciones históricas

4.1. *La EO clásica a través de la ciencia griega*

Trataremos ahora de aplicar las ideas generales anteriores a algunos ejemplos históricos concretos. No tenemos más remedio que dejar grandes lagunas y ser muy esquemáticos, pero esperamos que los ejemplos que estudiaremos sean lo suficientemente ilustrativos, en todo caso, nuestras conclusiones deben ser tomadas como una primera aproximación que puede y debe ser revisada. Veamos, en primer lugar, cómo se pueden utilizar estas ideas en la interpretación de la geometría y la astronomía postpitagóricas.

4.1.1. *Geometría*

Ejemplos particularmente claros de la dependencia de la teoría en la ciencia griega de los "condicionantes empíricos" aparecen en la matemática postpitagórica. La geometría no sólo se utiliza para sustituir a la maltrecha aritmética pitagórica, sino que constituye el pilar esencial sobre el que se fundamenta la realidad misma. En efecto, la geometría no es sino la propia realidad empírica, aunque, eso sí, purgada de toda imperfección. Los secretos de la geometría serán, pues, los secretos de la realidad. Nada que no pueda ser representado por medio de un diagrama geométrico será tenido en cuenta.

Fijémonos ahora en la aritmética. Los números negativos nunca se llegan a desarrollar, lo cual es bastante lógico ya que no podemos encontrar estas entidades en la realidad empírica; podríamos "inventarlos", pero esta operación no tendría ningún sentido.

Veamos otro ejemplo: un número tendrá que tener su contrapartida geométrica, más en concreto, un número, en general, será concebido como un segmento, un producto de dos números como un área (números planos), uno de tres será un volumen (números sólidos), y solamente podemos continuar volviendo a empezar, es decir, considerando el número sólido como un segmento; en otras palabras, consideraciones panempíricas condicionan la forma y limitan las posibilidades de las teorías en la ciencia griega.

Lo ilustraremos con un caso concreto, en los Elementos de Euclides, el estudio de las potencias, en la parte dedicada a la teoría de números, debe limitarse a las tres primeras potencias, aunque su generalización casi nos la pida la propia teoría⁷. Incluso hasta Diofancio llegan los ecos de esta limitación, ya que, en su obra, aunque llega a considerar la sexta potencia de la incógnita, siempre que se supera la tercera lo indica como un producto de dos potencias, de manera que el exponente nunca sea mayor que tres⁸.

Esta geometrización de la aritmética suele interpretarse como una consecuencia de la quiebra de las ideas pitagóricas, que fueron sustituidas por la teoría de las proporciones de Eudoxo, (teoría central, en la que se basa la posterior geometrización, sin embargo, no podemos entrar en sus detalles) pero también puede considerarse como la expresión del deseo de fundarse en algo seguro, en algo nacido de los primeros principios en los que se basaba la realidad, algo que pudiera dotar de significado a la matemática y no un recurso puramente técnico.

Más adelante, volveremos a tocar brevemente el tema de la resolución de la crisis pitagórica. Señalaremos de pasada -aunque el tema es muy interesante- que tampoco el cero y el infinito, que tan mal se avienen con la EO clásica, fueron muy populares entre los autores griegos.

En la geometría griega también encontramos muestras de la fidelidad a los "primeros principios" que tienden a garantizar la armonía del conjunto, en particular, las demostraciones, durante largo tiempo, sólo podían utilizar las "figuras perfectas": la recta y la circunferencia. No se trataba tanto de calcular algo como de demostrar que toda la geometría, que, recordemos, no era sino la esencia de la propia realidad, podía construirse con la sola ayuda de estas figuras; de ahí los repetidos e infructuosos intentos de resolver los tres problemas clásicos con regla y compás⁹. El reconocimiento final de que era necesaria la utilización de otra figuras, y su posterior estudio supuso, de alguna manera, un debilitamiento del proyecto asociado a la EO clásica¹⁰.

4.1.2. *Astronomía*

En astronomía juega un papel central la idea de que lo esférico, que es lo mismo que decir lo perfecto, constituye su esencia. Esta hipótesis tiene grandes ventajas, por un lado, está apoyada por constataciones empíricas muy generales y difíciles de negar, y, por otro lado, armoniza con la idea de que el universo es un todo ordenado¹¹.

En particular, había que demostrar que todos los astros describen trayectorias circulares y uniformes, lo que dio lugar a todo un programa de

investigación que, si bien a la larga tuvo que ser abandonado, produjo grandes avances tanto en el aspecto observacional como en el teórico.

A lo largo de toda la antigüedad se matuvo esta limitación: cuando una hipótesis, por muy bien fundada que parezca, contradice la idea de las órbitas circulares debe rechazarse.

Aunque muchas veces ha sido señalada la fuerza empírica inicial de esta hipótesis, a menudo se olvida que era prácticamente la única guía disponible para construir teorías cada vez mejores, de hecho, si la abandonamos, únicamente nos quedamos con una serie de movimientos erráticos sobre los que no podemos teorizar.

Por supuesto, después de Kepler y Newton podemos prescindir de esa hipótesis, pero su abandono en la antigüedad clásica nos habría privado de numerosos progresos técnicos. En todo caso, habría sido muy difícil encontrar alguna idea teórica capaz de sustituirla y de seguir manteniendo todo un programa de investigación. (Más adelante, sin embargo, nos referiremos a las dificultades que produjo su mantenimiento).

4.2. La evolución de la EO clásica

La EO clásica no fue ni mucho menos adoptada de manera homogénea, por el contrario, hubo varias escuelas de pensamiento que se alejaron de ella de una u otra forma, en algunos casos, lo que se pretendía era modificarla manteniendo lo fundamental, mientras que en otros, lo que se buscaba era una ruptura total.

Las posturas básicas que se pueden adoptar son las siguientes:

- a) Mantenimiento, aun a costa de introducir sustanciales variaciones.
- b) Hacer hincapié en el aspecto R, dejando M relegado a un segundo plano. Lógicamente, esta orientación tiende hacia el idealismo y no favorece el desarrollo científico.
- c) Dar más importancia a M, llegando incluso a afirmar que R no existe en absoluto. Esta orientación fue la que recogió el atomismo y posteriormente el epicureismo. Aunque, a primera vista, esta tendencia favorece el desarrollo de la ciencia, sin embargo, al desaparecer prácticamente las ideas de Armonía, unidad, búsqueda de la perfección, etc. que presiden el proyecto clásico, se queda sin ningún recambio teórico que permita la investigación de M - recordemos que el complejo entramado teórico de la EO moderna no había sido

ni siquiera esbozado-, de tal manera que no podían llevar demasiado lejos la investigación de M. Incluso, y esto no siempre ha sido reconocido, su esfuerzo (sobre todo del epicureísmo) por liberarse de las limitaciones de la EO clásica, les llevaba a criticar sus insuficiencias, llegando a afirmar que no podría conseguirse, en su marco, ninguna teoría satisfactoria. Lamentablemente, en este contexto histórico, esto casi equivalía a afirmar que el proyecto científico en general no era viable¹².

En lo que sigue nos ocuparemos preferentemente de algunas tendencias que pueden encuadrarse dentro del apartado a)¹³.

4.2.1. Modificación y defensa de la EO clásica en el Timeo.

El Timeo platónico es un texto muy significativo, no tanto por las teorías científicas que en él se exponen, como por las ideas generales sobre la ciencia que contiene, así como por su indudable influencia sobre muy diversas corrientes de pensamiento.

La situación, de acuerdo con los análisis del Timeo sería más o menos la siguiente: hay partes del mundo fenoménico (M) en los que no reina la armonía. Sin embargo, en otras partes, sí podemos observar los ecos de la armonía universal.

De aquí surge, entre otras cosas, la teoría de los dos mundos: la tierra impura y los cielos perfectos, cuya contrapartida es el alma y el cuerpo (no hay que olvidar que la finalidad última de este texto es ético-religiosa, aunque aquí nos centraremos en sus aspectos científicos, y, más en concreto, en los relacionados con la física y las matemáticas). Aunque Platón reconoce la existencia de esas bolsas de impureza (de mal), trata de explicar la mayor cantidad de cosas posibles mediante las directrices de la EO clásica. Así, este texto contempla una modificación de esta estructura, pero con la intención de defender lo esencial y evitar cambios más profundos.

El Timeo, puede ser considerado como un proyecto científico, a la vez que como la presentación de los "logros" ya conseguidos. Algunos de los más significativos en los campos que nos ocupan son:

- "Explicación" del número de dimensiones y de elementos fundamentales (31b-32c). Inmediatamente antes, se mantiene la idea de que el mundo es único, de hecho, es el mejor posible, de acuerdo con las directrices de la E.O. clásica.

- Esfericidad del mundo y movimiento circular de los astros. Además, el sistema solar está regido por las reglas de la música pitagórica, que, a su vez, son la expresión de la armonía universal. Para apoyar estas ideas, se invocan diversos datos empíricos: El movimiento regular de los cielos; Los planetas están en un mismo plano aproximadamente; La regularidad, o casi, de los movimientos del Sol y la Luna en ese plano; Venus y Mercurio se mueven, en promedio, a la misma velocidad que el Sol (Para todo lo anterior: 33a-36d y 39b-40a). No obstante, se reconoce la existencia de algunas dificultades con relación a los movimientos de los planetas (39c)¹⁴.

- La forma geométrica de los átomos de los elementos se "corresponde" con la de los poliedros regulares, que son solamente cinco (53a y ss).

La idea básica consiste en ver la correspondencia entre algunas estructuras particularmente importantes de lo empírico (M) y la correspondiente teoría "armónica" de R. (Obsérvese que, pese a su tendencia al idealismo, en Platón sí hay un lugar para la experiencia, aunque sea muy distinto del que ocupa en la ciencia moderna).

Este modo de parecer puede resultar injustificable desde el punto de vista de la ciencia moderna, pero en el contexto del *Timeo*, la investigación y el ahondamiento de esas correspondencias debía parecer una de las posibilidades más "realistas" de cara a ampliar el conocimiento de la realidad.

Aunque, la EO clásica fue más o menos defendida desde otros muchos puntos de vista y con distintas variaciones, en pocos textos encontraremos una articulación tan *consciente* y detallada de sus ideas directrices. Ya que, lo más frecuente, suele ser, cuando se asumen algunas de estas ideas, considerarlas como premisas autoevidentes, sin dar más precisiones.

4.2.2. *El desarrollo posterior de la ciencia*

A medida que se fue desarrollando la ciencia antigua, los presupuestos ideológicos de la EO clásica se fueron debilitando. El propio crecimiento de las teorías ya era un signo negativo, ya que originariamente se suponía que la ciencia debía trazar unos puentes lo más directos y sencillos posibles entre M y R.

Las teorías iban creciendo y se iban haciendo más poderosas, pero también más complejas, de forma que no se veía la forma de volver a la unidad, por eso se acudía a los axiomas y a los primeros principios como fuente de unificación. Por tanto, el paso de una "ciencia intuitiva y visual" como era la pitagórica a la ciencia basada en la cadena de razonamiento que

encuentra su asiento en los primeros principios, -tal como es la exposición de Euclides- puede verse como una concesión hecha con la idea de conseguir, aunque de forma más complicada, un conocimiento más satisfactorio de la realidad¹⁵.

Podría pensarse que con eso se conseguía un acercamiento a los presupuestos de la EO moderna, pero, sin embargo, diferencias muy grandes subsistían e, incluso, se agrandaban. En efecto, en la ciencia moderna las hipótesis casi siempre van de lo particular a lo general, se van estableciendo interpretaciones de hechos que al irse coordinando dan lugar a teorías más y más generales. En cualquier caso, cualquier principio, por general que sea, está sometido a su comprobación empírica. Por el contrario, en la antigüedad clásica, la ciencia se construía desde los primeros principios hacia lo particular, es decir, de lo general a lo particular, de manera que la experiencia servía para "comprobar" que los primeros principios habían sido utilizados de forma conveniente. (Obsérvese que esta diferencia entre las hipótesis antiguas y modernas es hija de las diferencias en sus E.O. correspondientes).

Por otro lado, estas concesiones no fueron suficiente, ya que algunos de estos principios fueron debilitados y desvirtuados de forma progresiva a medida que se iba desarrollando la ciencia.

En geometría, hubo que utilizar otras figuras además de la circunferencia y la recta para algunas demostraciones.

La hipótesis de la circularidad de los movimientos de los astros se mantuvo, pero a costa de introducir epiciclos, excéntricas y ecuantas, que debilitaban la fuerza del proyecto inicial.

Otras concesiones se pueden observar en el hecho de que Ptolomeo elaborase una teoría diferente para cada planeta, después de haber intentado infructuosamente una teoría unificada¹⁶.

Por otra parte, las, cada vez, mayores dificultades para armonizar la "Experiencia global" - que no era otra cosa que la aceptación de los primeros principios- con la "pequeña experiencia" que proporcionaban las observaciones, llevaba al compromiso de "salvar las apariencias", y a la discusión entre los que preferían mantenerse fieles a los principios a cualquier precio (a los que significativamente se ha llamado "físicos" a lo largo de la historiografía), y los que no dudaban en "inventar" sistemas más o menos complicados pero que pudieran dar cuenta de los fenómenos más satisfactoriamente, (los llamados matemáticos) aunque fueran poco verosímiles¹⁷. La astronomía debía debatirse en esta situación ambigua, en la esperanza de que algún día se consiguiera una

teoría satisfactoria desde los dos puntos de vista, cosa que, como sabemos, nunca ocurrió. Por supuesto, un cambio profundo en los presupuestos teóricos parecía poco menos que impensable.

En las matemáticas, la fidelidad a los principios de la geometrización, condujo a las grandes cumbres de la Edad de Oro (Euclides, Arquímedes y Apolonio), pero, a partir de ahí, conseguir avances decisivos parecía muy difícil. De hecho, quizá se pueda interpretar la obra de los últimos matemáticos griegos, separados de los anteriores por varios siglos, como un tímido intento de romper con algunas de estas limitaciones.

De alguna manera, la historia de la ciencia del periodo helenístico tardío es, pese a sus indudables logros, la historia de la debilitación de la EO clásica. Tanto la astronomía como las matemáticas, a la vez que se desarrollan, van perdiendo su cohesión, apareciendo colecciones de problemas cada vez más inconexos, por lo que la unificación de las teorías se aleja cada vez más, ya que no parece haber un esfuerzo importante en buscar la forma de trazar puentes que unan las diversas partes de la teoría. La explicación de esta aparente falta de interés en llegar a lo general, quizá puede deberse, al menos en parte, a que se suponía que la unificación debía hacerse al nivel de los primeros principios, de las ideas básicas, y *casi nunca mediante la interrelación de las teorías secundarias*. Desde el punto de vista de la antigüedad, la búsqueda de vínculos entre las teorías no tenía demasiado sentido, ya que la importancia de las teorías científicas radicaba más en ser portadoras de las *hipótesis primeras* que en su propia estructura o en la búsqueda de puntos de contacto entre diversas teorías.

El concepto, básico en la ciencia moderna, de interrelación entre las diversas teorías ni existía ni podía ser desarrollado sino a costa de grandes dificultades¹⁸.

4.3. El final de la EO clásica

La cosmovisión que surge de la EO clásica no se extinguió totalmente con el mundo antiguo -hasta Kepler llegan algunos de sus ecos, y Copérnico reprochará a Ptolomeo la poca fidelidad al principio de circularidad¹⁹-, no obstante, a medida que se fue desarrollando la ciencia moderna, la relación entre M y R fue modificándose de forma radical.

Aquí sólo nos detendremos brevemente para señalar la influencia que pudo tener un elemento extracientífico en este cambio: Nos referimos al papel jugado por el cristianismo.

Hay que observar que la idea de un Dios todopoderoso, que puede "diseñar" el mundo de muchas maneras distintas, hace que se rompa la idea del mundo como algo necesario. Además, ya no es preciso recurrir a las ideas de orden, armonía y unidad para dar sentido al universo, puesto que Dios cumplía esa misión con todas las ventajas. El propio Dios se encargaba de que esas ideas se plasmaran en el mundo, pero, probablemente, podía hacerlo de muchas maneras. De este modo, el científico podía imaginar hipótesis, incluso las más descabelladas, y discutir las con más libertad, en todo caso, se rompía con la prohibición de mantenerse siempre muy cerca de los primeros principios y de algunas "evidencias empíricas"²⁰. Con esto queremos indicar cómo un elemento cultural extracientífico puede contribuir -junto con otros factores de todo tipo- a un cambio en la orientación general de la ciencia.

5. A modo de resumen

La ciencia griega fue aumentando la riqueza de su cosmovisión a fin de albergar los sucesivos adelantos, de este modo, surge la E.O. Clásica.

Sin embargo, la superación de sus limitaciones fue prácticamente imposible en la edad antigua.

Si se trata de eliminar o minimizar alguno de los dos términos -M o R- para intentar simplificar, el resultado no conducía a grandes progresos.

En caso contrario, la necesidad de mantener "muy juntos" M y R, tampoco dejaba el suficiente margen de libertad para conseguir mejoras decisivas.

6. Epílogo

Con este trabajo hemos tratado de hacer una primera aproximación al tema -en el que hemos dejado grandes lagunas, tanto por razones de espacio, como para evitar hacer la exposición demasiado compleja-, para ello, hemos utilizado como hilo conductor la idea de E.O. clásica, aunque, probablemente, se puedan utilizar otros esquemas sin llegar a análisis contradictorios. A pesar de que aquí hemos hecho hincapié en la importancia del "marco general teórico", no queremos con ello suponer que otros factores no la tienen. (Es ridículo suponer que basta con adoptar la E.O. moderna para desarrollar la teoría de la relatividad, o que, dando por buena la clásica, los Elementos de Euclides saldrán espontáneamente).

La historia de la ciencia es un proceso extremadamente complejo, en el que intervienen muchas causas, sobrevalorar en exceso una, conduce inevitablemente a deformar la realidad.

En lo que sí queremos insistir es en que, a lo largo de la historia, los científicos han ido adoptando y desechando E.O. de forma "bastante racional" (aquí volvemos a invocar a Lakatos), porque, en cualquier caso, la ciencia de cada momento necesita unas líneas maestras, un proyecto bajo el cual diseñar los programas de investigación (como ya hemos visto, las E.O. son también "falsables" en cierto sentido). Por eso, el papel del concepto de E.O. (análogo al que juega el paradigma) en el estudio de la historia de la ciencia debe consistir en tratar de "explicar" algunas de las características y limitaciones más generales de la ciencia en una determinada cultura, evitando recurrir a la socorrida -aunque, por fortuna, cada vez menos utilizada- idea de que los antiguos "estaban llenos de prejuicios".

La dificultad consiste en que, en la época moderna, hemos mantenido unas ideas relativamente constantes sobre qué cosa sea la ciencia, y pensamos que lo demás no merece el calificativo de científico. En parte, ello es debido a que nuestros esquemas ontológicos son los suficientemente amplios y "neutros" para no tener que preocuparnos constantemente, como les pasaba a los griegos, de la fundamentación de todas nuestras afirmaciones.

Una anotación trivial, pero que, a veces, se nos olvida, es que, mientras nosotros sabemos que la ciencia moderna ha tenido grandes éxitos, los griegos no sabían que la E.O. clásica llevaba a un callejón sin salida.

Por último, cabe recordar que la única forma de evitar que los antiguos nos parezcan unos dementes más o menos ingeniosos es, como decía Hanson, "olvidar" lo que sabemos,... o creemos saber: "Para comprender adecuadamente el pasado, hemos de olvidar el presente. ... ¡Resistid la tentación de tratar los problemas antiguos como si exigiesen nuestras respuestas modernas! Para comprender lo que dejaba perplejos a los antiguos, hemos de obligarnos a planteárnoslo a nosotros mismos. Sólo entonces se tornará claro por qué las viejas respuestas les parecían a ellos plausibles y razonables"²¹.

NOTAS

1 Como no podemos entrar, ni siquiera brevemente, en un análisis de la obra de estos dos autores, citaremos alguna de sus conocidísimas obras: KUHN, T.S. (1962) *The Structure of Scientific Revolutions* Chicago. Edic. española (1975), Fondo de Cultura Económico, Madrid. De LAKATOS, citaremos, entre las ediciones en español: (1983) *La metodología de los programas de*

investigación científica. Alianza Ed. Madrid (edición original de 1978) y el muy interesante, como ilustración de sus ideas mediante un ejemplo histórico: (1978) *Pruebas y Refutaciones* Madrid. Alianza. Ed. (edición original de 1976).

2 Por evidentes razones de espacio no podemos documentar, ni discutir en detalle todas las afirmaciones que hacemos, (en muchas ocasiones, mencionaremos teorías sin poder especificar su contenido) no obstante, gran parte de la información utilizada es aceptada por la mayoría de los autores. En cada caso indicamos alguna de las fuentes posibles. También hemos incluido una breve bibliografía al final.

3 Aquí hemos adoptado la interpretación usual de los filósofos jónicos, sin embargo, hay que reconocer que la documentación que sobre ellos existe es muy escasa y a menudo poco fiable.

En castellano, se puede consultar, entre otros, EGGERS, C. y JULIA, V.E. (1978) *Los filósofos presocráticos* Vol. 1, Ed. Gredos. Madrid. También BERNABE A. (1988) *De Tales a Demócrito*, Alianza Ed. Madrid (La bibliografía secundaria es muy numerosa).

4 Sobre los pitagóricos, se pueden consultar las mismas fuentes a las que hemos aludido en la nota anterior.

5 Sobre esta ruptura tenemos varios relatos tardíos en PROCLO, JAMBlico y, sobre todo, PAPPUS (Elem. X 63-64).

Ver también: FRITZ, K.V. (1945) *The Discovery of Incommensurability...*, *Annals of Mathematics*, 46 pag 242-264.

6 Para ver la diferencia entre los pitagóricos y la E.O. clásica, representada por Platón, es significativo el siguiente texto de ARISTOTELES:

"(Platón) habló de manera similar a los pitagóricos... y también (dijo) que los números (existen) aparte de las cosas sensibles, mientras ellos (los pitagóricos) afirman que las cosas mismas son números." (*Metafísica* I 6, 987b).

Para una exposición de la E.O. de los pitagóricos ver también: *Metafísica* I 5, 985-986a.

Sin embargo, es materia de discusión si la interpretación de Aristóteles es demasiado fidedigna.

7 EUCLIDES *Elementos* Libro IX prop 8. Se pueden encontrar otros muchos ejemplos en los llamados libros aritméticos de los elementos. Para todo lo referente a la matemática griega, se puede consultar BOYER (1968), (Cuando la obra esté incluida en la nota bibliográfica en las notas sólo daremos el autor y el año).

8 DIOFANTO *Aritmética* Introducción.

9 Para más detalles sobre los tres problemas clásicos se puede consultar HEATH (1963) pag. 139-170.

10 Ver como ejemplo PAPPUS *Colección Matemática* VII. En la matemática helenística aparecen muchas construcciones que emplean otras curvas además de la circunferencia. Sin embargo, se mantuvo la división de los problemas de acuerdo con las curvas que se precisaban para su solución. De alguna manera, se iban extendiendo los métodos, pero sin tratar de buscar teorías unificadoras que integraran las sucesivas construcciones y soluciones.

Ver, más adelante, el comentario en el texto sobre la ciencia helenística, así como la nota 18.

11 Ver HANSON (1973), para otras referencias consultar Bibliografía.

12 Por ejemplo EPICURO en *Carta a Heródoto*, recogida por DIOGENES LAERCIO al final de su *Vidas de los Filósofos más ilustres*, encontramos en el epígrafe XI *De los Fenómenos Celestes* textos muy significativos: "Respecto a los meteoros, el movimiento, el regreso, el eclipse, el orto, el ocaso y otros de esta clase, no se ha de creer que se hacen por ministerio, orden y mandato de alguno que tenga al mismo tiempo toda bienaventuranza con la divinidad... Ni menos unas naturalezas ígneas y bienaventuradas querrían ponerse en giro tan arrebatado".

A continuación sostiene que los fenómenos observados pueden explicarse por muchas causas, que es tanto como decir que no hay seguridad de cuál sea la correcta.

En la *Carta a Pitocles*, también recogida por D. LAERCIO, se extienden más sobre esto mismo, defendiendo la idea de que los fenómenos astronómicos pueden explicarse de diversos modos, por ejemplo, refiriéndose a la variación de la longitud del día, concluye: "Pues estas dos razones no repugnan a los fenómenos. Ahora, por cuál de estas causas se haga esto, no es dable saberlo." (Trad. de Ortiz y Sanz, J. (1969), Espasa Calpe. Madrid).

El empeño de Epicuro de refutar la E.O. clásica es tan grande que le lleva a indicar que el mundo no es cognoscible. Con tal de cerrar el paso a la explicación teleológica, renuncia a las ideas de armonía y orden, y, en último término, también a la posibilidad de la explicación científica.

Sobre este punto es aún más explícito su discípulo LUCRECIO en *De la Naturaleza de las Cosas*. Ver sobre todo el libro V.

13 No nos podemos ocupar de todas las corrientes que abogaron por el mantenimiento de la E.O. clásica más o menos modificada. Nosotros citaremos por un lado a Aristóteles que, aunque debilita las ideas reguladoras, mantiene separados M y R, y hace jugar un papel fundamental a las esencias salidas de R.

Por otro lado, también el estoicismo, aunque desde un punto de vista bastante diferente, trató de defender, e incluso de reforzar, esta estructuración, a través de su dilatada existencia.

14 Aunque se ha discutido mucho el papel de Platón en la astronomía griega, pensamos que la gran influencia del *Timeo* (texto críptico y sugerente) hasta bien entrado el Renacimiento está fuera de dudas. Para más información sobre el tema se puede consultar: GOLDSTEIN, B. y BOWEN, A. C. (1983) *A new view of early Greek astronomy, Isis*, vol 74 págs. 330-340. También ELENA (1985) pp. 13-38 presenta, de forma concisa, una puesta al día del tema, dando abundantes referencias bibliográficas.

También se puede consultar la bibliografía (Por ejemplo las obras de Hanson y Kuhn) para el estudio de partes de la astronomía griega que, aunque fundamentales, aquí no tocamos, tales como la obra de Aristóteles y el sistema de Eudoxo.

Por otro lado, señalaremos brevemente que la doctrina de los dos mundos, puede ser considerada como un intento de usar la "armonía" aparente de los cielos, para minimizar la importancia del caos que se observa en la tierra.

También es curioso que Platón sostenga que nos han sido dados los ojos para ver la armonía celeste y los oídos para oír la de la música (77a-d).

Como colofón, las dos "armonías" se funden con la idea, un tanto crítica en el texto, de que la armonía celeste coincide con la que rige la escala musical basada en el intervalo de quinta, que, a su vez, es expresión de la armonía numérica.

En cualquier caso, Platón trata de enfatizar la importancia de la armonía donde la encuentra y minimizar la de los lugares donde no aparece. Consultar, por ejemplo, el interesante fragmento sobre las mezclas de los colores (68b-e).

En otras obras, Platón critica a Anaxágoras y a los que sostienen que los astros son piedras inanimadas y no aceptan ni la distinción entre los dos mundos, ni la explicación teleológica, aserciones todas que no se acomodan, ni medianamente, con la EO clásica -aunque, por supuesto, aparecen mezclados los problemas científicos, religiosos y políticos-. Ver, sobre todo, Fedón 98a-c y *Las leyes* 885c-886e y 967e-969e. Muy significativamente, en el último fragmento, vuelve a aparecer la idea de la teoría musical como elemento unificador.

15 Para este punto son importantes las contribuciones de SZABO, A. (1977) *The Beginnings of Greek Mathematics* Dordrecht.

Sus ideas son recogidas en MARTINEZ, M. *Los orígenes del método axiomático deductivo* pp. 37-60 dentro del volumen (1986) *Historia de la Matemática hasta el siglo XVII* R. Academia de C. Exactas, Físicas y Naturales, Madrid. Se pueden consultar estas fuentes y la bibliografía en relación con la importantísima teoría de las proporciones, ya mencionada, recogida por EUCLIDES, en el libro V de sus *Elementos*.

16 PTOLOMEO en la introducción a su *Hipótesis de los planetas* se conforma con encontrar una explicación diferente para cada uno de los planetas, ya que reconoce que es muy difícil encontrar una teoría unificada para todos. En castellano disponemos ya de una edición de esta obra -con un interesante estudio introductorio de PEREZ SEDAÑO, E. (1987) Alianza Ed. Madrid- cuyo redescubrimiento obligó a una modificación en la valoración de la obra ptolemaica e, incluso, en la de la astronomía helenística. Para su estudio ver: NEUGEBAUER (1975), obra técnica y detallada.

17 Ver la segunda cita de Proclo de la nota 18. Ver también en ELENA, A. (1985) pp. 31-38 un análisis de esta polémica que se prolongó durante toda la Edad Media. Es decir, hasta que la EO clásica no fue completamente sustituida, siguió siendo fuente de problemas y discusiones.

18 Como síntoma de esta situación cabe citar dos famosos textos de Proclo:

"Una ciencia cree en ellos (los principios) porque los considera más evidentes que las cosas que de ellos se siguen; los cree por sí mismos y por ellos cree en lo que de ellos se deduce. Esta es la manera que tiene el físico de extraer sus razones de principios definidos suponiendo la existencia del movimiento, y lo mismo hace el médico y cualquiera otro de las demás ciencias y artes. Si se confunden los principios con sus consecuencias se perturba toda la doctrina y se mezclan cosas que no concuerdan entre sí porque los principios y lo que se sigue de ellos difieren entre sí y por su propia naturaleza" *Comentarios*

a los *Elementos de Euclides*, pról. parte II, traducción de VERA, F. en *Científicos Griegos Vol 2*. (1970), Ed. Aguilar, Madrid.

"En realidad (los astrónomos) no deducen las conclusiones a partir de sus hipótesis, como sucede en las demás ciencias, sino que proceden al revés y tratan de construir hipótesis que se ajusten necesariamente a las hipótesis que de ellas deberían extraerse". *Hipótesis de las Hipótesis planetarias*, VII, 57.

Citado en ELENA, A. (1985). Creemos que, a través de estos dos textos de la antigüedad tardía, queda clara la diferencia entre las ideas modernas y antiguas sobre la estructura del entramado teórico.

Para más detalles sobre el hecho de que el desarrollo de la matemática griega acabó en una colección de problemas cada vez más diversificado, pero también más incomunicado entre sí, puede consultarse: COLLETTE, J-P. (1983) pp. 131-169.

Más en concreto, sobre las limitaciones del "cálculo integral" entre los antiguos, ver: BOURBAKI (1969) *Elements d'histoire des mathématiques*, Paris, pag. 229-233 de la edic. española (1973).

En BOYER (1968) p. 231, se hace un análisis de la decadencia de la matemática griega, advirtiendo de la falta de impulso teórico, mientras que las aplicaciones prácticas proliferaban.

Ver, en esta misma obra, p. 249, uno de los pocos ejemplos de teorema general dentro de la matemática helenística, se trata de un resultado que aparece en la *Colección Matemática* de PAPPUS.

Sin embargo, la única manera de precisar, modificar o desechar las ideas expuestas en el texto, sería llevar a cabo un estudio exhaustivo de las teorías de los autores del helenismo tardío, tal y como aparecen en las fuentes, a fin de estudiar las características de sus "redes teóricas". Empresa que, por lo que sabemos, dista de estar completa.

19 Para más detalles se puede consultar cualquier obra sobre el tema, por ejemplo ver: KUHN (1957) pág. 107-108 de la edic. esp.

20 Nos referimos fundamentalmente al papel del cristianismo en la baja edad media y comienzos del renacimiento, sin entrar en otras consideraciones más generales sobre la relación entre la Iglesia y la Ciencia. Es significativo que autores tan diferentes como DUHEM, FARRINGTON o HANSON, hayan señalado este factor.

Para DUHEM, p. (1906-13) *Etudes sur Leonard de Vinci*. Hermann. París, Vol. 2 págs. 411-12 La "condena del necessitarismo griego" abrió nuevas expectativas: "Al permitir nuevas experiencias mentales, la noción teológica de un Dios infinitamente poderoso ha liberado los espíritus del cuadro finito en que el pensamiento griego había insertado el universo". Si bien es cierto que se ha criticado con razón el compromiso ideológico de Duhem con el cristianismo en sus obras históricas, no deja de haber algo de cierto en la anterior apreciación.

Es curioso cómo en FARRINGTON, B. (1969) *Science in Antiquity*, Oxford, que tiene una orientación completamente distinta llega en un último capítulo a conclusiones parecidas, aunque hace una valoración distinta. (También destaca, siguiendo los pasos de WEBER, la importancia del protestantismo): "para huir del fatalismo de las civilizaciones del Próximo Oriente era necesario abandonar por completo la adoración de la naturaleza propia de las antiguas mitologías...

A pesar de que comúnmente se opine lo contrario, ello lo consiguió más eficazmente la ética monoteísta de los hebreos que el racionalismo de los griegos" Pág. 206 de la versión española. (1971).

Por último, en HANSON (1973) encontramos una valoración, a nuestro entender, muy ajustada: "Dada la distinción entre verdad y consistencia, se pueden dedicar (Buridam, Oresme y Alberto) con entusiasmo intelectual a sacar las consecuencias de las hipótesis que estaban más interesados en negar ... Ahora bien lo significativo históricamente es que se *exploran* concienzudamente las hipótesis alternativas, desmenuzándolas semánticamente y descomponiéndolas lógicamente." Pág. 192 de la edic. española.

21 HANSON (1973) pág. 19 de la versión española.

NOTA BIBLIOGRAFICA

Sóloamente incluimos algunos de los textos más significativos que hemos utilizado, para más información, se puede consultar sus propios apéndices bibliográficos.

A. Obras generales sobre la cultura griega

La cultura antigua debe considerarse como un todo, de forma que sus aspectos religiosos, filosóficos, artísticos y científicos queden integrados. En particular, cada una de las E.O. mencionadas se movía en un contexto complejo en el que, a pesar nuestro, no hemos podido entrar. Para remediar este vacío, citaremos algunas de las obras más importantes entre las que se han ocupado de la cultura griega de una forma general.

DODDS, E.R. (1951): *The Greeks and the Irrational*, Berkeley. Hay versión española (1980) Alianza Ed. Madrid.

GUTHRIE, W.K.C. (1950): *The Greeks and their Gods*, Londres. También se puede consultar su historia de la filosofía griega.

JAEGER, W. (1934-44-45): *Paideia*, 3 vol. Berlín y Oxford.

Vers. Española (1942-45) F.C.E. México.

NESTLE, W. (1961): *Historia del Pensamiento Griego*. Trad. Esp. (1981). Barcelona.

NIETZSCHE, F. (1943): *El Origen de la Tragedia*. Edic. Española Espasa-Calpe. Madrid.

B. Historia General de la Ciencia

GEYMONAT, L. e col. (1970-72): *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, 6 Vols. Milán.

MASON, S.F. Trad esp. (1985): *Historia de las Ciencias*, 5 Vols, Alianza Ed. Madrid.

SARTON, G. (1952): *A History of Science*, 5 Vols., Cambrigde.

Versión española, (1965) Buenos Aires.

TATON, R. et coll. (1957-64): *Histoire Generale des Sciences*, 4 Vols. París. Hay versión española (1971-74), Ed. Destino y (1988) Ed. Orbis. Barcelona.

C. Historia de la matemática griega

BOYER, C.B. (1968): *A History of Mathematics*, John Wiley and Sons, Nueva York. Se cita por la ed. esp. (1986), Alianza, Madrid.

COLLETTE, J.P. (1973): *Histoire des Mathématiques*, vol 1, Montreal. Hay edición española (1985).

HEATH, T.L. (1963): *A Manual of Greek Mathematics*, Reed. Dover, Nueva York.

NEUGEBAUER, O (1951): *The exact Sciences in the Antiquity*, Londres.

REY PASTOR, J. y BABINI, J. (1985): *Historia de la Matemática*, Vol. 1. Gedisa (reimp.), Barcelona.

D. Obras sobre la historia de la astronomía

ELENA, A. (1985): *Las Quimeras de los Cielos Siglo XXI*, Madrid.

HANSON, N.R. (1973): *Constellations and conjectures*, Dordrecht. Se cita por la edición española (1978).

HEATH, Th. L. (1932): *Greek Astronomy*, Londres.

KUHN, T.S. (1957): *The copernican revolution*, Cambridge (Mass.). Hay edición española (1978).

NEUGEBAUER, O. (1975): *A History of Ancient mathematical Astronomy*, Berlin-Nueva York.