



721
48

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

APORTACIONES AL ESTUDIO DEL
METODO CIENTIFICO EXPERIMEN-
TAL A TRAVES DE LA HISTORIA
DE LA CIENCIA

T E S I S

Que para obtener el Título de
LICENCIADA EN BIOLOGIA

p r e s e n t a

MARTHA JULIETA CHACON LOPEZ

1986

México, D. F.



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 está 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.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
I. LA ERA PALEOLITICA.	3
1. Características socio-económicas	3*
1.1. Necesidades del hombre primitivo.	5
1.2. El lenguaje	6
1.3. La elaboración de herramientas.	7
1.4. Organización social	9
1.5. Magia y totemismo	11
2. El conocimiento como consecuencia del origen y desarrollo de la técnica	12
2.1. Orígenes de la industria química.	16
2.2. Orígenes de la física	17
2.3. Orígenes de los estudios sobre seres vivos	19
3. Conclusiones	19
3.1. Logros de la era paleolítica.	19
3.2. Limitaciones de la era paleolítica.	20
II. ERA NEOLITICA	21
1. Orígenes de la agricultura	22
2. La ganadería	25
3. Organización social	27
3.1. La educación	29
4. Desarrollo técnico	31
4.1. La alfarería	32
4.2. Los tejidos	33
4.3. Construcciones	33
5. La escritura	33
5.1. La escritura egipcia	34
6. Medición	35
7. Formalización de la religión	36
8. Bases científicas de la época	36
8.1. Las matemáticas	37
8.2. La astronomía egipcia	39
9. Conclusiones	42

	Pág.
III. EPOCA CLASICA	44
1. Características socio-económicas	44
1.1. Bases económicas	44
1.2. Organización social	47
2. Características de la ciencia	49
2.1. La ciencia de los Jonios	49
2.2. Características	51
2.3. Principales filósofos	54
3. Etapa Ateniense	57
3.1. Características	57
3.2. Filósofos principales	59
4. Etapa Helenística	65
4.1. Características	65
4.2. Filósofos principales	68
5. El Imperio Romano	72
6. Conclusiones	73
IV. EDAD MEDIA	75
1. Características socio-económicas	75
1.1. Clases sociales	78
2. Características de la ciencia occidental desde el siglo V al XII	79
3. La ciencia islámica	83
3.1. Fuentes de la filosofía islámica	86
3.2. Principales filósofos islámicos	87
3.3. Ciencias desarrolladas por los árabes	91
4. Influencia de la ciencia greco-árabe en el mundo cristiano occidental	96
5. Cambios en la economía del mundo occidental del siglo XI al XV	100
5.1. El comercio	100
6. La ciencia del siglo XII al XIV	103
6.1. La escolástica y las universidades	103
6.2. Filósofos que defendieron la práctica de la ciencia	105
7. Conclusiones	112
V. EL PROCESO DE FORMACION DE LA CIENCIA MODERNA	113
1. Características socio-económicas	113

	pág.
2. La ciencia en el siglo XV	118
3. La ciencia en el siglo XVI y XVII	128
3.1. Medicina y química	128
3.2. Anatomía y fisiología	130
3.3. Fisiología	131
4. La nueva concepción del movimiento	139
4.1. Galileo y la revolución científica del siglo XVII	142
4.2. Experimento del plano inclinado	145
4.3. El método utilizado por Galileo	150
5. Conclusiones	152
CONCLUSIONES	154
BIBLIOGRAFIA	158

INTRODUCCION

En nuestra época el desarrollo científico-técnico ha -
generado un incremento cada vez mayor en el conocimiento de
la naturaleza, una influencia directa en los procesos produc-
tivos y en general en todos los aspectos de la vida social,
estos fenómenos nos obligan a tratar de conocer los procesos
de investigación de la ciencia.

El cuerpo de conocimientos de la ciencia actual, cons-
tituido por leyes, teorías y conceptos, los entendemos con -
mayor profundidad cuando estudiamos las vías, los métodos,
los antecedentes, sus características y consecuencias.

Puesto que el conocimiento científico se ha logrado -
gracias a la consecución de determinados métodos considero
que es necesario para los estudiantes de cualquier discipli-
na científica realizar un estudio especial de los caminos a
través de los cuales el hombre ha adquirido el conocimiento
en la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades, en re-
sumen conocer la historia de la metodología es comprender el
desarrollo científico de cada época, sus orígenes y su in-
fluencia en la civilización.

El método científico experimental es producto de un -
proceso de desarrollo, de cambio y de transformación. Sus -
orígenes se encuentran en el origen mismo del hombre, en la
era paleolítica y neolítica, su desarrollo y transformación
se conformó en el transcurso de la cultura griega, edad me-
dia y renacimiento y su estructuración actual en el siglo -
XVII.

La historia de la ciencia es una alternativa viable en
el conocimiento y aplicación del método científico experimen-
tal, pues su contenido nos brinda la posibilidad de analizar

el desarrollo de la metodología y de repetir los experimentos realizados por algunos científicos.

Considero sumamente ambicioso tratar de resumir en una tesis de licenciatura lo que el hombre ha vivido en miles de años, por lo que me referiré en forma breve a las épocas que nos ilustran sobre cambios fundamentales en la ciencia que influyeron directamente en la civilización, en cada una de las etapas haré un análisis breve de las relaciones recíprocas - del método, la ciencia y el entorno social, económico y político y desarrollaré con mayor detalle el trabajo de algunos científicos como Aristóteles, Arquímedes, Harvey y Galileo -- por ser éstos representantes y precursores de los métodos que se han utilizado en las diferentes épocas de la historia del hombre.

I. LA ERA PALEOLITICA

1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS

Para estudiar los orígenes y el desarrollo del Método Científico Experimental, es necesario remontarse hasta el origen mismo del hombre, a la era paleolítica, ya que aunque es difícil considerar que en las primeras etapas se creó la ciencia, los conocimientos que el hombre adquirió al conocer su medio y resolver sus necesidades básicas fueron creando las condiciones que posteriormente darían cuerpo a las bases de la ciencia.

El hombre primitivo que con frecuencia tiende a ser despreciado, se presenta ante nosotros como un gigante, un gigante que a lo largo de miles de años creó y preparó las bases de la técnica, la ciencia y la civilización.

En el momento en que el hombre primitivo fue capaz de crear la técnica al elaborar las primeras herramientas, dio un paso definitivo para aislarse del resto de los animales y convertirse en el único ser de la tierra capaz de transformar la naturaleza para resolver sus propias necesidades. Todo esto se dice fácil, pero es necesario detenerse para hacer un análisis detallado de las características del hombre primitivo definidas a lo largo de las experiencias vividas, de los caminos recorridos, de los obstáculos salvados que le permitieron salir de la nada; de una dependencia de la naturaleza muy similar a la del resto de los animales, y conquistar con su inteligencia y posibilidad creativa las bases del mundo moderno.

Para el hombre primitivo fue muy importante vivir en grupo, pues gracias a esto se generaron una serie de necesidades, una de ellas la comunicación, logró la transmisión de -

experiencias al grupo que, como tales, fueron enriquecidas - por cada generación.

Bernal en su libro *La Ciencia en la Historia*, plantea que el hombre tuvo tres ventajas en relación al resto de los animales: vivió en grupo, creó un lenguaje y elaboró herramientas.¹

Sin estos tres factores no hubiera podido escalar los peldaños de la civilización. La estructura social primitiva posibilitó la protección del grupo, la búsqueda del alimento y sobre todo la transmisión de experiencias además de la - creación de la técnica, cualidades específicas de la especie humana.

Lewis H. Morgan considera a la época del salvajismo como "un período formativo del género humano" y se refiere a - la importancia de esta etapa de la manera siguiente:

Los gérmenes de las instituciones principales y artes de la vida se desarrollaron mientras el hombre era aún un salvaje. En gran parte los períodos - subsiguientes de barbarie y de civilización han sido invertidos en el mayor desenvolvimiento de estos conceptos originales. Dondequiera que se pueda distinguir una vinculación en continentes diferentes, entre una institución presente y un germen común queda implícito la derivación de los pueblos mismos de un tronco originario común.²

La importancia del hombre paleolítico es indiscutible, su capacidad creadora, manifiesta en la formación social, en el lenguaje y en la creación de la técnica, nos obliga a rescatar el valor del mismo y a buscar en sus orígenes las bases de nuestra actividad social: la técnica, la ciencia, el arte y la comunicación.

¹ John D. Bernal. *La Ciencia en la Historia*, México, UNAM, - 1972, p. 84.

² Lewis H. Morgan. *La Sociedad Primitiva*, México, D.F., Ediciones Pavlov (s.f.), p. 55.

Para analizar con detalle los conceptos expuestos se requiere conocer diferentes aspectos de esta era.

1.1. NECESIDADES DEL HOMBRE PRIMITIVO

Durante la era paleolítica el hombre tiene solamente las necesidades básicas, primarias, tales como la alimentación, el vestido, y en general la protección de los elementos naturales; las resuelve con tres actividades básicas: la cacería, la pesca y la recolección de frutos y raíces; sus habitaciones eran cavernas, y su dependencia de la naturaleza lo obligaba a ser nómada; mientras no fue capaz de producir tuvo que emigrar a otro lugar cuando el alimento se terminaba.

Satisfacer sus necesidades básicas le generó otra serie de necesidades, por ejemplo: la comunicación, la elaboración de herramientas, y en general el conocimiento de la naturaleza.

Derry y Trevor dicen que:

Los hombres de la edad de piedra antigua o Paleolítica, pocos y dispersos, no alcanzaron un desarrollo tal que les permitiera conquistar su entorno; las cuatro glaciaciones, que marcaron su historia produjeron en todo caso cambios en el entorno que afectaron a vastas regiones difícilmente conquistables incluso por la tecnología del hombre del siglo XX. Como recolectores debieron haber estudiado confusamente los fenómenos del clima, del suelo y de las estaciones, que determinaban si sus estómagos iban a estar llenos o vacíos.³

Hombres, mujeres y niños jugaban un rol importante en las actividades de sobrevivencia. Durante muchos siglos dependieron de sus sentidos y de la comunicación con sus semejantes, el lenguaje fue creado como producto de una necesidad indispensable de su vida.

³ T.K. Derry y Trevor I Williams. *La Historia de la Tecnología*, Tomo I, México, Siglo XXI, 1982, p. 10.

1.2. EL LENGUAJE

Es difícil determinar el origen del lenguaje, se supone que éste sufrió un desarrollo que se inició en un lenguaje mímico, después oral y más adelante escrito.

La comunicación se hace necesaria en la organización de un grupo y en el trabajo cotidiano que permite resolver las necesidades básicas; justo es recordar que aquéllas, eran épocas terriblemente hostiles, tanto por los cambios en el clima, como por la talla de los animales, estos problemas obligaron al hombre a conservar su grupo como una forma más de asegurar la supervivencia; enfrentarse a animales del tamaño de un mamut requería de un trabajo colectivo y por supuesto, de un lenguaje que le permitiera el desarrollo fructífero de esta actividad.

Como consecuencia de estos dos aspectos, la experiencia adquirida pudo ser transmitida de una generación a otra permitiendo que éstas se enriquecieran y desarrollaran fundamentalmente en el nivel técnico.

Para Bernal, el lenguaje es un medio de producción, posiblemente el primero de todos, y considera que el grado en que el lenguaje ha influido en la estructura anatómica hereditaria del cerebro humano, muestra cuán temprana debe haber sido su adquisición.⁴

Derry y Trevor llaman al lenguaje, junto con la escritura, la imprenta y la fotografía, PROCEDIMIENTOS DE REGISTRO. Al referirse específicamente al lenguaje, consideran que es correlativo a la herramienta y plantean que:

El hombre paleolítico hacía palabras igual que fabricaba herramientas, pero sólo existen conjeturas acerca del proceso por el cual los gritos del animal evolucionaron hasta el lenguaje del hombre.⁵

⁴ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 89.

⁵ T.K. Derry y Trevor I Williams, *op. cit.*, p. 309.

El hombre paleolítico no tuvo la tecnología necesaria para dejar registros de su lenguaje por lo que se plantean una gran cantidad de hipótesis al respecto, aunque se considera que podemos hablar ya de un registro duradero al analizar las pinturas rupestres, relacionadas con un significado mágico o de placer estético, el lenguaje escrito, en palabras de Derry y Williams: "sólo sería dado cuando el hombre, impulsado hacia una condición más civilizada, tuvo necesidad de llevar registros cuantitativos para mantener la vida en la ciudad."⁶

Cid nos dice que el cambio del lenguaje mímico al oral reportaba más ventajas, pues podía ser utilizado en la oscuridad, dejaba la vista y los demás órganos libres para otras actividades y sobre todo, estaba capacitado para una variedad expresiva infinitamente mayor. Con la que el lenguaje hablado se convierte en la aportación cultural más importante que debemos a nuestros más remotos antepasados: "El lenguaje en el hombre consiste en la sustitución del objeto por medio de la palabra dando de esta manera al signo lingüístico un valor simbólico."⁷

Indudablemente el lenguaje tuvo gran influencia en el desarrollo del hombre paleolítico, las hipótesis en torno al origen del mismo continúan, y podemos suponer que su desarrollo se vinculó estrechamente con el desarrollo técnico, la adquisición de experiencias y en general, con el conocimiento que el hombre adquiría de la naturaleza.

1.3. LA ELABORACION DE HERRAMIENTAS

La creación de la técnica marca el primer paso de la evolución de la humanidad, cuando el hombre fue capaz de uti

⁶ *Ibidem*, p. 310.

⁷ Felipe Cid. Tomo I. *Enciclopedia Historia de la Ciencia*, Barcelona, Ed. Planeta, 1977, p. 28.

lizar una piedra como herramienta y más adelante darle una - determinada forma, inició el camino de la civilización; el ascenso a esa cuesta enorme que es la vida de la especie humana; marcó el límite entre las demás especies y la propia. Recordar estos hechos es positivo y necesario, ya que el hombre es privilegiado por su posibilidad de crear como consecuencia del desarrollo de su cerebro.

Sería erróneo no considerar que este paso fue producto de un largo desarrollo, de un continuo ensayo y error, de un experimentar cotidiano, relacionado con la resolución de sus problemas básicos que finalmente brindó al hombre la posibilidad de iniciar la transformación de su medio que culminó, en una primera etapa, con el hallazgo de la Agricultura.

El origen de la técnica marca también el origen del conocimiento, pues a través de la elaboración de herramientas el hombre adquirió los primeros conocimientos de Mecánica.

Bernal dice que en la elaboración de las herramientas se manifiesta la presencia de la idea de un utensilio en la mente de un constructor antes de ponerse a construirlo. Más todavía, algunos pedernales parcialmente labrados muestran - un esbozo definido en el material anterior a la iniciación - del trabajo. Más tarde, esta experiencia de previsión consciente se convierte en PROYECTO y en PLAN.⁸

El uso de herramientas facilitó las actividades de la caza, pesca y recolección, y suministró la posibilidad de tallar y conformar materiales más suaves como la madera, el - hueso y la piel. Por lo que podemos afirmar que, a partir - de este paso se abrió un amplio abanico de posibilidades técnicas que no han dejado de manifestarse hasta la fecha y, como consecuencia de ello se establecen las bases de la mecánica.

⁸ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 85.

El hombre no podía vivir aislado y enfrentarse a la naturaleza, su vida dependía del grupo. La elaboración de herramientas fue consecuencia de la vida colectiva. La organización social hizo posible la transmisión de experiencias.

1.4. ORGANIZACION SOCIAL

La organización del hombre primitivo era comunal, todos los miembros del grupo participaban por igual y recibían los mismos beneficios, eran hombres libres unidos por vínculos de sangre, la sociedad era fundamentalmente matriarcal - la mujer tenía la posibilidad de reconocer a sus hijos- contribuía a la conservación del grupo por la necesidad de la especie humana de prolongar por un período mayor al resto de los animales, la crianza y el cuidado de los niños; esto posiblemente llevó a la organización del trabajo y, se estableció una división en la que el hombre se dedicó a las labores de cacería por ser ésta una actividad que requería de la separación por largo tiempo del lugar de residencia, mientras que, la mujer se dedicó a actividades que le permitían permanecer en el lugar de residencia o cerca de él; la función social de la mujer era tan valiosa como la del hombre.

Seguramente la vida social estaba determinada por las horas compartidas en el grupo, que eran las horas de la comida. Las labores de cacería, pesca y recolección requerían de tiempos largos, el hombre invertía la mayor parte del día en la resolución de sus necesidades básicas, le quedaba poco tiempo para realizar otro tipo de actividades, la sociedad fue matriarcal durante muchos siglos hasta que apareció la propiedad privada.

En la comunidad primitiva, las mujeres estaban en el mismo nivel que los hombres y, por consecuencia, también los niños, el niño acompañaba al adulto a todos los trabajos --los compartía en la medida de sus posibilidades--, y recibía

el alimento y los cuidados necesarios; la educación estaba instituida en la vida cotidiana. Aníbal Ponce plantea que:

En una sociedad sin clases como la comunidad primitiva los fines de la educación derivan de la estructura homogénea del ambiente social, se identifican con los intereses comunes al grupo y se realizan igualitariamente en todos sus miembros de manera espontánea en cuanto no existe ninguna institución destinada a inculcarlos, integral en cuanto cada miembro incorpora más o menos bien todo lo que en dicha comunidad es posible recibir y elaborar.⁹

El niño durante la época paleolítica aprendía haciendo; para aprender a manejar el arco. el niño cazaba; para aprender a coleccionar frutos, el niño recolectaba; para aprender a navegar el niño guiaba una barca. "La enseñanza era para la vida por medio de la vida."¹⁰

El ambiente era de libertad y respeto del adulto hacia el niño, la educación no era coercitiva: a los niños se les deja crecer con todas sus cualidades y defectos. Los niños son mimados por la madre, y si en algún momento de impaciencia llegan a ser castigados, el padre a su vez castiga a la impaciente.¹¹

La organización social se vio también fortalecida por la creación de la magia y el totemismo; la cohesión del grupo indispensable en la relación con la naturaleza, buscó la forma de resolver todas aquellas preguntas, o problemas que no se resolvieron con la técnica; estas formas de respuesta encontradas en la magia, de alguna manera proporcionaban seguridad al grupo.

⁹ Aníbal Ponce. *Educación y Lucha de Clases*, México, Ediciones de Cultura Popular, 1974, p. 18.

¹⁰ *Ibidem*, p. 15.

¹¹ *Ibidem*, p. 15.

1.5. MAGIA Y TOTEMISMO

El desarrollo técnico en las primeras épocas del hombre se manifiesta en la magia que practicaba, al resolver sus necesidades básicas el hombre adquiría de manera indirecta conocimientos pero, considerando que transcurrieron siglos antes de que resolviera el problema de la alimentación con la agricultura, todas las lagunas técnicas del hombre paleolítico pretendió resolverlas con la magia.

Bernal considera este aspecto de la siguiente manera: empleando imágenes, símbolos y danzas imitativas, los miembros de las tribus primitivas creían que el animal o la planta podía ser estimulada a florecer y a multiplicarse. Esto condujo también al intercambio de alimentos entre los diferentes grupos totémicos. De este modo las elaboradas reglas sociales para las relaciones y para la repartición de alimentos y de adornos acabaron por quedar reunidos en un sistema complejo. La reproducción de la tribu y su abastecimiento alimenticio quedaban asegurados con el cumplimiento estricto de las reglas del totem.¹²

Los ritos y los mitos se relacionan con el nivel técnico de los pueblos, éstos se mezclaron fácilmente, incluso de diferentes tribus, y, acabaron por constituir una mitología común relativamente incoherente. "De estos mitos proceden después de sufrir muchos cambios aunque con una continuidad de tradición no interrumpida no sólo los credos de las religiones sino también las teorías de la ciencia que han llegado hasta nosotros."¹³

La magia, los ritos y los mitos en esta época, fueron un elemento de desarrollo para la sociedad humana; incluso, el hecho de que el hombre fuera capaz de elaborar o crear una imagen, o representar de equis manera algún fenómeno de la naturaleza, ayudó a desarrollar el pensamiento abstracto

¹² John D. Bernal, *op. cit.*, pp. 93 y 94.

¹³ *Ibidem*, p. 95.

como base del conocimiento racional o conocimiento científico.

Algunos antropólogos opinan que la magia condujo directamente por una parte, a la religión y, por otra, a la ciencia; pero Frazer cree que la magia, la religión y la ciencia derivaron una de otra - por este mismo orden.¹⁴

Strauss en cambio considera que no hay una línea de - continuidad entre la magia y la ciencia, que más bien responden a un desarrollo paralelo.

La magia no es una forma primera de ciencia, la - magia es en cierto sentido tan completa como la evolución técnica y científica en un momento dado, tan acabada y coherente en su inmaterialidad como el ser sólido al que solamente ha precedido. Por tanto en vez de oponer magia y ciencia será mejor colocarlas paralelamente como dos modos de conocimiento desiguales en cuanto a los resultados técnicos y prácticos.¹⁵

Al respecto se han planteado varias hipótesis, la mayoría de los autores consultados coinciden en que hay una - relación entre los aspectos citados. Encontramos la relación con el fin mismo de la magia: cubrir las deficiencias de tipo técnico.

2. EL CONOCIMIENTO COMO CONSECUENCIA DEL ORIGEN Y DESARROLLO DE LA TÉCNICA

El método científico se fue estructurando a lo largo de muchos siglos, su origen no se puede ubicar en una fecha o etapa particular, generalmente se relaciona con las épocas en que el hombre habiendo resuelto sus necesidades básicas creó una estructura social tal, que permitió la posibi-

¹⁴ Sir William Cecil Dampier. *Historia de la Ciencia*, Madrid, Editorial Tecnos, 1972, p. 31.

¹⁵ Claude Levi-Strauss. *El pensamiento salvaje*, México, Fondo de Cultura Económica, 1964, p. 30.

lidad de mantener una clase social dedicada a la adquisición del conocimiento. El conocimiento científico tiene sus bases en el conocimiento empírico, en el conocimiento que el hombre adquiere de manera indirecta. Al realizar las actividades cotidianas de caza, pesca y recolección, algunas ciencias como la física, química y biología quedaron esbozadas. La química que se formalizó hasta el siglo XVIII tiene su comienzo en diversos procesos que el hombre realizó desde la primera edad por ejemplo: el tinte, el curtido de cuero y la cocción de la carne.

Las primeras clasificaciones de plantas y animales se consideran como el origen del conocimiento de los seres vivos y la Física cuyos primeros conocimientos los adquiere el hombre con la elaboración de herramientas.

Todos los conocimientos adquiridos se fueron acumulando, desarrollando y dando forma a los cimientos de la civilización humana.

Las más recientes investigaciones acerca de la condición primitiva de la raza humana, tienden a demostrar que el hombre inició su carrera al pie de la escala y trabajó su ascenso del salvajismo a la civilización, mediante las lentas acumulaciones de la ciencia experimental.¹⁶

Es importante hacer énfasis en la diferencia entre el conocimiento empírico y el conocimiento científico. Durante la edad paleolítica el hombre aprende en la práctica cometiendo muchos errores, podemos compararlo con la etapa en que el niño aprende a caminar, se cae, se levanta, llora, lo intenta de nuevo hasta que finalmente lo logra. Así el hombre primitivo, luego de muchos ensayos y errores, aprendió de su práctica diaria. Posiblemente el origen de muchos de sus conocimientos fue casual, pero estas casualidades se captaron, se repitieron, se utilizaron y generaron el desarro--

¹⁶ Lewis H. Morgan, *op. cit.*, p. 51.

llo de la técnica que se desarrolló y transmitió por la vida social, por la comunidad en que se vivía.

La metodización comienza allí donde a través de la observación, se llega en la práctica a la concepción de que dados ciertos fenómenos o circunstancias se producen en sucesión temporal otros que aparecen condicionados por los que les anteceden. En términos más precisos donde se descubre (o se establece) la relación de que unos fenómenos son causa y otros efecto. Esta primera intuición de la categoría de causalidad alcanzada de una manera empírica a veces esporádica e inconsciente, en el sentido de no estar teorizado sino sencillamente realizado, es el primer método científico.¹⁷

Durante la época primitiva "el hombre inmerso en la naturaleza no distingue entre sus creaciones (imágenes, conceptos) y los de la naturaleza misma, entre lo explicado y la explicación, entre el nombre y la cosa mentada, entre el orden universal y el orden social."¹⁸

Pasaron muchos años antes de que la sociedad humana transitara del conocimiento empírico al racional, ello sucedió en el decursar histórico de la cultura griega.

Strauss discrepa en torno al origen del conocimiento como una consecuencia de la resolución de las necesidades del hombre primitivo, o de la casualidad; para él, siempre antecede a la práctica el conocimiento intelectual y para argumentar recurre a una serie de ejemplos: -) Cuando el hombre primitivo utilizaba el contacto de un pico de pájaro carpintero para curar las enfermedades de los dientes: lo que analiza de la siguiente manera:

El verdadero problema no estriba en saber si el contacto de un pájaro carpintero cura las enfermedades de los dientes sino la de si es posible que se

¹⁷ Aróstegui J. Manuel, *et al. Metodología del Conocimiento Científico*, México, D.F. Ed. Presencia Latinoamericana, S.A., 1981, p. 13.

¹⁸ *Ibidem*, p. 15

dé un cierto punto de vista, el pico de pájaro car pintero y el diente del hombre vayan juntos (congruencia cuya fórmula terapéutica no constituye más que una aplicación hipotética entre otras) y, por intermedio de esos agrupamientos de cosas y de seres, introducir un comienzo de orden en el universo.¹⁹

Continúa con los siguientes ejemplos:

Los productos naturales utilizados por los pueblos siberianos con fines medicinales ilustran por su definición precisa y el valor específico que se les presta, el cuidado, el ingenio, la atención al detalle, la preocupación por las distinciones que han debido poner en práctica los observadores y los teóricos de las sociedades de esta clase; arañas y gusanos blancos que se tragan (para la esterilidad) grasa de un escarabajo negro (hidrofobia) etc.²⁰

De estos ejemplos que podríamos encontrar en todas las regiones del mundo, continúa Strauss, "se podría inferir de buen grado que las especies animales y vegetales no son conocidas más que porque son útiles sino que se les declara útiles o interesantes porque primero se les conoce."²¹

Tal vez la discrepancia radica en considerar al conocimiento empírico en un tiempo y un espacio determinado, cuando que no debemos olvidar que éste se debe a un proceso evolutivo, de cambio, de desarrollo, que se fue afirmando y -- transmitiendo de una generación a otra; es obvio que en un principio gran parte de las experiencias fueran casuales, pero como hemos afirmado anteriormente, estas casualidades se captaron, se utilizaron, se aplicaron y al enriquecerse el conocimiento de la naturaleza es muy posible que se pudiera presentar esa búsqueda del conocimiento, pero que finalmente también estuvo al servicio de la práctica.

¹⁹ Levy Strauss, *op. cit.*, p. 24.

²⁰ *Ibidem*, p. 23.

²¹ *Ibidem*, p. 24.

El conocimiento se fue enriqueciendo, mejorando y transmitiendo a lo largo de los siglos, representó siempre la necesidad de conocer la naturaleza y resolver los problemas básicos de la alimentación y protección y fue dando como resultado la formación de un cuerpo sólido de elementos que sirvieron como base de ciencias de la naturaleza: la química, la física y la biología.

2.1. ORIGENES DE LA INDUSTRIA QUIMICA

Hablar de procesos químicos producidos por el hombre primitivo nos lleva forzosamente al dominio del fuego característico de la era paleolítica. Probablemente el hombre primitivo se sirvió del fuego utilizando los incendios naturales, quizá lo usó en primer lugar para calentarse y protegerse de los animales salvajes, y de manera casual se debieron de dar cuenta de las posibilidades que ofrecía para hacer la comida más digestiva. Se considera que la alimentación fue el origen de muchos procesos químicos pues, para cocinar hacían falta vasijas de cerámica y su vidriado requería de conocimientos químicos.

Otra consecuencia de la costumbre de cocinar la comida fue la demanda de sal, que también se utiliza para conservar la carne y el pescado.

El arte de la pintura requería del dominio de los pigmentos naturales, y éstos datan de siglos antes de que existieran los testimonios escritos.

Sería equivocado creer que existió una transición bien definida del empirismo a la ciencia. La teoría química se construyó sobre unas fuertes bases de conocimiento elaborados trabajosamente a lo largo de los siglos, por hombres prácticos, en un nivel más alejado de la realidad por los alquimistas, con su infructuosa preocupación por la transmutación de metales viles en oro y la preparación del elixir de la vida.²²

²² T.K. Derry, et al., *op. cit.*, p. 374.

La Química por ser una ciencia natural y estrechamente relacionada con los procesos de la alimentación remonta sus orígenes a la Era Paleolítica; el conocimiento adquirido por el hombre en torno a esta ciencia, fue como todos los demás conocimientos totalmente empíricos. Los conocimientos de Química se fueron incrementando a lo largo de la Era Neolítica con las nuevas actividades como la cerámica y el uso de los metales.

2.2. ORIGENES DE LA FÍSICA

"Hasta que el hombre aprendió a domesticar los animales de tiro, su única fuente de energía fue su propia fuerza muscular, cuando el trabajo requería de una fuerza mayor recurría al trabajo colectivo"²³ que aseguraba la existencia del hombre en grupo.

En el transcurso de la evolución del hombre paleolítico, se recurrió a la elaboración de herramientas, que en grado mínimo permitía la realización del trabajo de una manera más efectiva, probablemente su origen también fue casual, pero el desarrollo logrado en este campo nos habla de un paso definitivo que permitió la transformación de la naturaleza; es aquí precisamente donde radica el nacimiento de la Mecánica que es una rama de la Física.

La Física, que también es una de las ciencias naturales cuya evolución se da siglos más tarde, tiene sus cimientos en el trabajo empírico, práctico realizado por el hombre paleolítico. Para desempeñar las actividades de la pesca, la cacería y la recolección, el hombre primitivo creó la técnica que se fue desarrollando y transmitiendo de generación en generación por medio de la transmisión oral.

En las investigaciones realizadas con diferentes culturas se pone de manifiesto el origen común del hombre primitivo

²³ *Ibidem*, p. 351.

vo, hay mucha similitud en los utensilios encontrados en cualquier región del mundo y no hay variación en períodos muy prolongados.

Las culturas que nos han dejado sus huellas, nos muestran que los logros técnicos de la era paleolítica, son producto de un largo y difícil proceso de experimento, de ensayo y error, en las herramientas se nota un proceso de desarrollo y de transformación, tanto en la forma de las mismas como en los materiales usados.

Bernal afirma que:

Las primeras herramientas manuales de piedra simplemente destrozaban lo que golpeaban; luego se desarrollaron para poder hendir, cortar, raspar y horadar. Por medio de la práctica de fabricar herramientas y de utilizarlas, los hombres aprendieron las propiedades mecánicas de muchos productos naturales y así establecieron las bases de la ciencia de la Física.²⁴

Por ser la técnica una de las actividades más relacionadas con el progreso del hombre y el desarrollo de la civilización, fueron las bases de la Física, los conocimientos que más se desarrollaron durante las siguientes épocas.

La palanca fue una de las máquinas inventadas durante la Era Paleolítica. "Entre los ingenios mecánicos que ayudaban a la fuerza del hombre, la palanca es con mucho el más importante, y el principio en que se basa es el fundamento de casi todas las máquinas. En los tiempos antiguos se conocían otros cuatro ingenios mecánicos relacionados con la palanca, la cuna, el tornillo, la polea compuesta y la rueda con eje."²⁵

El principio de la palanca fue enunciado muchos siglos después durante la etapa helenística en la época clásica, época que se caracterizó por la creación de la ciencia racional.

²⁴ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 86.

²⁵ T.K. Derry, *et al.*, *op. cit.*, p. 353.

Arquímedes, el gran físico y matemático griego, formuló el principio de la palanca. Considero necesario hacer hincapié en la diferencia entre el conocimiento empírico y el conocimiento científico, el hombre de la antigüedad llegó por medio de la práctica a la creación de la palanca, y Arquímedes elaboró el concepto que explica el principio de la misma.

2.3. ORIGENES DE LOS ESTUDIOS SOBRE SERES VIVOS

De los primeros conocimientos que adquirió el hombre de la naturaleza, se afirma que fue el de las plantas y animales; el alimento fundamental del hombre lo constituían la carne y los frutos que obtenía en la caza y la recolección, estableció clasificaciones de tipo utilitario, aprendió que algunas plantas eran venenosas cuando vio el daño causado a algunos individuos, tal vez fueron de los primeros conocimientos transmitidos de generación en generación. Para Bernal "el conocimiento sobre las costumbres de los animales y las propiedades de las plantas constituye la base de las ciencias biológicas."²⁶

3. CONCLUSIONES

3.1. LOGROS DE LA ERA PALEOLITICA

Se considera que casi el 99 por ciento del tiempo que ha pasado el hombre sobre la tierra ha llevado una vida de cazador nómada, pues el nacimiento de la agricultura se sitúa por la mayoría de los autores en el año 8000 a de nuestra era. A lo largo de muchos siglos construyó las bases de nuestra civilización, estableció los cimientos de la Física, Química y Biología; creó una gran cantidad de utensilios cuyos principios se siguen utilizando hasta nuestros días; pa-

²⁶ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 107.

só por cuatro glaciaciones y, a pesar de esto, avanzó y se desarrolló, creó un lenguaje, formó una sociedad, creó la magia y los ritos para llenar las lagunas técnicas, con el método utilizado aprendió a conocer la naturaleza, el dominio y reproducción del fuego.

3.2. LIMITACIONES DE LA ERA PALEOLITICA

El tiempo tan largo que transcurrió antes de que el hombre resolviera de manera definitiva el problema de la alimentación, nos demuestra que el camino fue difícil, mientras no conoció la reproducción de las plantas dependió de la generosidad de la naturaleza. La cacería, la pesca y la recolección fueron actividades que requerían de todo el tiempo, lo que impedía la posibilidad de realizar otras actividades como el arte; el nomadismo limitó el crecimiento de la población, los grupos tenían que ser muy reducidos, los utensilios poco duraderos pues se abandonaban periódicamente. Invertir todo el día en las actividades básicas limitó su posibilidad creativa.

Los pueblos que resolvieron el problema de la alimentación y lograron transformar la naturaleza en la producción de la misma, se convirtieron en las culturas más importantes y trascendentes de la era neolítica. Los egipcios, fenicios, mesopotámicos e indios lograron un enorme avance en la técnica, en el conocimiento, en el arte y en la comunicación, y marcaron un nuevo rumbo para la sociedad humana.

II. ERA NEOLITICA

El proceso empírico-espontáneo del conocimiento, se presenta históricamente asociado al proceso del trabajo y a la actividad laboral del hombre.

Este proceso sufre una gran cantidad de transformaciones determinadas por el desarrollo técnico del hombre. En la era neolítica no se encuentran todavía una separación entre el proceso empírico del conocimiento y su actividad laboral.

A través de la resolución de sus necesidades el hombre fue adquiriendo conocimientos. La cerámica, el tejido, la agricultura, la ganadería y todas las actividades que se realizaron durante esta época brindaron al hombre la posibilidad de adquirir conocimientos. Necesitamos para entender su grado de desarrollo y su nivel en el proceso del conocimiento conocer las características de las actividades técnicas del hombre neolítico.

Con la agricultura se obligó a buscar en la naturaleza la explicación a los fenómenos atmosféricos que afectaban sus cosechas y emprendió la observación de los astros, adquiriendo un gran cúmulo de conocimientos que posteriormente constituyeron las bases de la astronomía.

La alfarería amplió su horizonte en la transformación química de las sustancias que se inició con el dominio del fuego.

La agricultura y la ganadería necesitaron de técnicas nuevas, de herramientas distintas a las que utilizaba el hombre en la cacería. Los sistemas de riego, la escardadura, el almacenamiento de los granos obligaron a revolucionar la técnica y con ello se ampliaron los conocimientos de la mecánica.

Todos los conocimientos adquiridos fueron fijados, acu-

mulados y desarrollados, y las culturas neolíticas se convirtieron en la base empírica del conocimiento racional creado por los griegos.

1. ORÍGENES DE LA AGRICULTURA

La división entre la era neolítica y paleolítica se marca por el nacimiento de la agricultura; se considera que hace aproximadamente unos 10 mil años el hombre descubrió la reproducción de las plantas, lo que le permitió dar un gran salto cualitativo y cuantitativo en la civilización al resolver de manera definitiva el problema de la alimentación e iniciar el proceso de producción y transformación de la naturaleza que hasta la fecha no ha terminado.

Los orígenes de la agricultura se asocian con los pueblos que vivían en las márgenes de los ríos Tigris, Eufrates, Indo y Nilo. Las culturas de los egipcios, indios, chinos y mesopotámicos a las que se les llamó culturas fluviales, dejaron huella de esta maravillosa época.

Hace unos 10 mil años dio principio una revolución en la producción de alimentos que acabó por alterar todo el modo material y social de existencia del hombre. Esta revolución se produjo principalmente si no es por completo, como resultado de la crisis de la economía de cazadores. Las dificultades que tuvieron que enfrentar entonces los hombres los llevaron a realizar una búsqueda intensiva de nuevos tipos de alimentos, o inclusive de antiguos alimentos ya despreciados como las raíces y las semillas de hierbas silvestres.¹

Los orígenes de la agricultura al igual que muchas otras interrogantes en la historia de la ciencia han generado el planteamiento de una gran diversidad de hipótesis. Deary y Williams consideran los orígenes de la agricultura como resultado de un accidente pero añaden también que el cul-

¹ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 110.

tivo sistemático del suelo dependió de los procesos de la naturaleza y de sus estaciones así como de la elección de zonas adecuadas, como las que la naturaleza proporcionaba en los valles de los grandes ríos del Oriente próximo.²

Se conjugaron varios factores: un clima y lugar apropiados, una larga permanencia en determinado lugar, la recolección de semillas, frutos, raíces; incluso, algunos autores consideran que este descubrimiento se debe a las mujeres ya que ellas se dedicaban a la recolección, lo cierto es que gracias a la agricultura se generaron una gran cantidad de necesidades y como consecuencia el enriquecimiento de la técnica, la posibilidad de dispersión del hombre hacia nuevas tierras, el aumento de población, cambios radicales en la estructura social, nuevas actividades para el hombre, posibilidad de desarrollar el arte y de establecerse en un lugar. Fue tan formidable esta nueva actividad que se considera, que a partir de esto el hombre avanzó a pasos agigantados en comparación con los siglos que se dedicó a la cacería, la pesca y la recolección.

Florecieron grandiosas culturas como las de los egipcios, mesopotámicos, indios y chinos, que lograron un gran desarrollo en las técnicas utilizadas durante la era anterior e impulsaron otras relacionadas con la agricultura, establecieron las bases de ciencias como las matemáticas y la astronomía, crearon la escritura, y además descubrieron los metales, se inventó la rueda, se formaron las aldeas que posteriormente dieron origen a las ciudades y a la vez, se registraron cambios muy importantes en la sociedad, ya que ésta tendría que pagar su cuota, pues de una organización comunal se fue transformando en una sociedad dividida en clases, lo que repercutió directamente en la organización del trabajo, en la familia, en la economía, en el conocimiento, educación y en.

² T.K. Derry, et al., *op. cit.*, p. 73.

general en todos los aspectos de la vida humana.

Es preciso destacar un importante aspecto del que quizá derivan los anteriormente citados: el hombre cambió radicalmente su relación con la naturaleza.

Independientemente de su origen, la agricultura condujo a una relación fundamentalmente nueva entre el hombre y la naturaleza. El hombre dejó de ser parásito de los animales y las plantas desde el momento en que pudo cultivar en una pequeña extensión de tierra la cantidad de alimentos que antes podía cazar o coleccionar en una gran extensión.³

Con la práctica de la agricultura el hombre encontró la solución al problema de la alimentación pero, al mismo tiempo, y como consecuencia de esto, se fueron creando nuevas necesidades fundamentalmente en torno a esta actividad, las técnicas creadas por el hombre paleolítico necesitaban desarrollarse y alcanzar otras nuevas, las interrogantes de la naturaleza aumentaron, los nuevos problemas impulsaron al hombre a realizar una gran cantidad de actividades nuevas que consecuentemente diversificaron el trabajo.

Las técnicas agrícolas progresaron a la par que lo hacían los conocimientos del hombre en el dominio de las aguas para la irrigación. También se mejoraron los sistemas de preparación del suelo mediante barbechos, algunos de hasta 10 años, y los primeros abonos de origen animal. El palo de escarbar se substituyó por la azada.⁴

A lo largo del tiempo la agricultura generó excedentes de producción, los granos debían ser almacenados y el agua transportada aún cuando las grandes culturas neolíticas se establecieron a las márgenes del río, pues fue la posibilidad de formar las grandes ciudades.

Conocer las estaciones del año es fundamental para distribuir el proceso de escardadura, la siembra y la cosecha, y

³ John D. Bernal, *op. cit.*, pp. 112 y 113.

⁴ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 34.

se generó la búsqueda de la respuesta en la observación de los astros.

Durante muchos años la organización siguió siendo comunal y fue necesario distribuir equitativamente las cosechas.

Bernal plantea que la unidad económica y cultural fue la aldea,⁵ la posibilidad de establecerse en un lugar obligó a revolucionar las técnicas de construcción, el crecimiento de la población dispersó a grandes grupos para la conquista de nuevas tierras al paso del tiempo la comunicación entre las diferentes aldeas, el trueque y el intercambio de productos dio origen al comercio.

La era neolítica se caracterizó por la formación de una gran variedad de oficios y especialidades características de las ciudades, la aldea dio paso a la ciudad y con ésta a una nueva organización social que requería de la administración de la nueva economía y el establecimiento de una "paz social" entre las diferentes clases.

2. LA GANADERÍA

Para muchos autores el origen de la ganadería es simultáneo al de la agricultura, aunque también se han encontrado restos de pueblos que únicamente utilizaban la agricultura, y otros que sólo se dedicaban a la ganadería, quizá estas diferencias se debieron a cuestiones culturales o a características ambientales, lo cierto es que la ganadería también fue un factor muy importante en el proceso de la civilización, cualquier actividad que resolviera el problema de la alimentación permitiría el desarrollo del hombre.

El paso de la recolección de alimentos a su producción característica de la etapa neolítica de la historia humana fue consecuencia de un avance fun-

⁵ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 119.

damental en la tecnología. Cada nuevo uso que aprendemos a hacer de nuestro mundo material depende de nuestra capacidad de producir alimentos destinados a una población dada a través de medios que no agotan completamente la energía y el tiempo de dicha población.⁶

La ganadería y la agricultura suponen un desarrollo técnico en las culturas que lo practicaron, un conocimiento avanzado de la naturaleza y una formación sólida de la sociedad. Quienes lograron como el pueblo de los egipcios dominar ambas técnicas, establecieron las culturas más importantes de esta época.

Manfred establece una división entre los grupos agrícolas y los ganaderos, para él

el desarrollo de la agricultura y la ganadería y la transición al empleo de utensilios metálicos - comporta la división gradual de todas las tribus existentes en dos grupos agrícola y ganadero. Las tribus agrícolas se extendían por algunas zonas -- del hemisferio occidental y también en el oriental, principalmente en los valles de los grandes ríos: el Nilo (Egipto), Tigris y Eufrates (Mesopotamia), el Indo (India), el Hoangho o Río Amarillo (China), así como en los territorios de Asia Menor y de la península de los Balcanes. Las tribus ganaderas - pastoriles se instalaron fundamentalmente en Siberia meridional en la cuenca del Mar Aral, en la meseta de Irán y en las estepas meridionales ribereñas del Mar Negro.⁷

El origen de la ganadería se relaciona con la domesticación de los animales, corresponde al perro ser el primer animal domesticado por el hombre, pero en realidad la ganadería en sí debe haber surgido cuando el hombre se hubo establecido en un lugar, quizá los animales que se acercaban a los cultivos fueron los primeros en utilizarse como ganado.

Los restos hallados en las grutas nos ofrecen una confirmación del orden en que se produjo la domes-

⁶ T.K. Derry, *et al.*, *op. cit.*, p. 68.

⁷ A.Z. Manfred. *Historia Universal*, Tomo I, España, Akal Editor, 1978, p. 13.

ticación, que, teóricamente, parece verosímil. Los animales que se alimentan de despojos fueron los primeros en ser domesticados, por las razones ya expuestas anteriormente, y ello concede un lugar destacado al perro y, en los primeros momentos, al chacal. Luego vino el grupo de los animales que en su estado natural llevan a cabo migraciones periódicas y que pudieron por esto haber entrado en contacto con el hombre cuando éste era todavía nómada. Este grupo incluye al reno, a la cabra y a la oveja. De todas maneras, la domesticación del ganado vacuno que requiere, al menos en sus fases iniciales una vida sedentaria pertenece sin duda - al período agrícola.⁸

La ganadería como la agricultura permitieron al hombre contar con tiempo libre para realizar actividades, las técnicas se fueron desarrollando a lo largo del tiempo, el hombre hizo uso de una gran cantidad de especies que en la actualidad no utiliza, pero este nuevo conocimiento de la naturaleza afirmó de manera contundente el triunfo del hombre sobre su medio. Si se considera que en la era paleolítica se establecieron las bases del conocimiento de los seres vivos, con la agricultura y la ganadería se dio un salto gigantesco al conocer una función específica de ellas: la reproducción de las plantas y animales cuyos conocimientos llevaron al hombre a entender los fenómenos con dos cualidades fundamentales para la ciencia: la causa y el efecto.

3. ORGANIZACIÓN SOCIAL

Los cambios generados por la agricultura dieron lugar al surgimiento paulatino de una sociedad distinta. Mientras la mujer participó de manera importante en la obtención del alimento, su papel en el grupo fue predominante. Pero conforme las labores de la agricultura se convirtieron en privilegio del hombre, la mujer pasó a realizar actividades solamente relacionadas con el hogar.

⁸ T.K. Derry, et al., *op. cit.*, p. 72.

Anibal Ponce escribe al respecto que:

Para asegurar la perpetuidad de la riqueza privada a través de las generaciones y en beneficio exclusivo de los propios hijos, no de los hijos de todos como hubiera ocurrido si el matriarcado hubiera subsistido la filiación paterna reemplazó a la materna, y una nueva forma de familia, la monógama apareció en el mundo. Con ello la mujer pasó a un segundo plano y quedó encerrada en funciones domésticas que dejaron de ser sociales.⁹

El trabajo adquirió características muy distintas, se realizaba por jornadas que no requerían de las 24 horas del día, ni la separación del hombre por largos períodos de la zona habitada, la mano de obra cobró tanta importancia que los antiguos prisioneros de guerra a los que se mataba durante la era paleolítica, pues representaban más bocas que alimentar, se convierten en manos productivas. Todos estos elementos fueron marcando la descomposición del régimen gentilicio.

Debe juzgarse como importantísimos acontecimientos de esta época el surgimiento de la propiedad privada del ganado y los esclavos, es decir sobre los prisioneros convertidos en esclavos. Poco a poco surge también la propiedad privada sobre la magna fuente de todos los medios de subsistencia: la tierra y los instrumentos para trabajarla. En aparición y el desarrollo de la propiedad privada dan lugar a la desigualdad en la posesión de bienes. Junto a la división en libres y esclavos se produce la división en ricos y pobres. Las mejores tierras o grandes rebaños se encuentran en posesión de familias o de personas, en tanto que otras familias viven pobremente y se arruinan. Se destaca la nobleza gentilicia que posee la riqueza y el poder. De este medio salen los jefes de las tribus y los componentes del consejo de ancianos.¹⁰

Bernal por su parte considera además otro elemento como factor de este cambio: el surgimiento de los sacerdotes,

⁹ Anibal Ponce, *op. cit.*, pp. 26 y 27.

¹⁰ A.Z. Manfred, *op. cit.*, pp. 13 y 14.

que como clase privilegiada no realiza las mismas actividades que el resto de la población y sí tiene mejores condiciones - de vida.¹¹ Todos estos elementos, obligaron a buscar una forma de organización tal que permitiera la subsistencia de clases sociales tan diferentes en un mismo lugar, debido a lo cual se creó el estado.

Manfred lo explica de la siguiente manera:

La clase que posee la riqueza y obliga a trabajar - para ella a otras personas (esclavos, labriegos y artesanos) procura mantener a tales personas en un estado de subordinación. Con este fin se crea una institución completamente nueva, desconocida bajo el régimen gentilicio y que nosotros llamamos estado. Los diferentes órganos de poder, los tribunales, las cárceles y el ejército son los eslabones del aparato estatal.¹²

Como una consecuencia lógica de esta nueva estructura social se presentaron cambios en actividades tan importantes como la educación.

3.1. LA EDUCACION

Con la formación de clases sociales diferentes, el desplazamiento de la mujer en la sociedad y la necesidad de la clase privilegiada de mantener al pueblo a su servicio, la educación se convirtió en elitista y rápidamente perdió las cualidades características de la sociedad comunal.

Aníbal Ponce lo expresa de la manera siguiente: "Los -- que se liberaron del trabajo material aprovecharon la ventaja para defender su situación: cerrando sus conocimientos en vista de prolongar la incompetencia de las masas y de asegurar - al mismo tiempo la estabilidad de los grupos diferentes."

¹¹ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 124.

¹² A.Z. Manfred, *op. cit.*, p. 14.

Las clases populares sólo conservaron el derecho de -- transmitir a los hijos su experiencia en los oficios. La cla se ociosa, la clase privilegiada, tramposamente escondió los conocimientos adquiridos.

La educación se volvió coercitiva. Si en la sociedad - se manifestaba la lucha de clases, la jerarquía en la educa-- ción reflejó de manera rotunda esta condición. Mientras que en la sociedad comunal la transmisión de conocimientos enri-- queció la vida del grupo, en la nueva sociedad se buscó el be neficio individual. Aníbal Ponce afirma que: "La educación - sistemática, organizada y violenta, comienza en cuanto la edu cación pierde su primitivo carácter homogéneo e integral."¹³

Las culturas neolíticas caracterizadas por el gran desa rrollo logrado en la astronomía y en las matemáticas, limita ron este saber a un pequeño grupo de la población: los sacerdo tes y los gobernantes. El siguiente ejemplo ilustra de mane ra muy clara, cómo los grupos dominantes utilizaban el conoci miento para mantener sometida a la población.

Saben ustedes que en Egipto, un dispositivo, admira ble para la época llamado NILOMETRO, permitía cono cer con bastante exactitud el crecimiento de las - aguas del río y pronosticar el volumen de la futura cosecha. De acuerdo a esos informes, mantenidos en secreto, los sacerdotes aconsejaban a los labrado res. Las clases inferiores recibían así un servi cio extraordinario que la propia ignorancia en que vivían, determinada por un trabajo sin descanso, hu biera sido incapaz de realizar. Pero aquel nilóme tro servía además a las clases dirigentes, de dos - maneras que convergían a lo mismo. Por un lado, -- cuanto más abundante se anunciaba la cosecha, tanto más la autoridad redoblabla los impuestos. Por otro lado, aquellas indicaciones precisas sobre la imi nencia del crecimiento de las aguas que sólo la au toridad estaba en condiciones de poseer, prestaba - al soberano el ascendiente de las divinidades: en - el momento oportuno el faraón arrojaba al Nilo sus

13

Aníbal Ponce, *op. cit.*, pp. 22 y 23.

órdenes escritas, y entonces ¡oh! entonces las aguas obedientes empezaban a subir.¹⁴

4. DESARROLLO TÉCNICO

El desarrollo de la aldea, la creación de los sistemas de riego, el surgimiento de los oficios y la especialización en el trabajo tuvieron como consecuencia un gran desarrollo técnico.

No se sabe con precisión cómo se fue transformando la aldea en ciudad, pero evidentemente éstas deben haber aparecido cuando el hombre ejerció un mayor dominio sobre la agricultura, si en la aldea todos los habitantes participaban de una u otra forma en las labores agrícolas, en la ciudad se presentó un fenómeno diferente, los diversos oficios adquiridos se fueron constituyendo en ocupaciones muy diversas. Se considera que uno de los adelantos técnicos más importantes fue el descubrimiento de los metales, pues con ellos se possibilitó la elaboración de utensilios más duraderos. Al principio se utilizaron sólo en ornamentos, pero en la medida que el hombre conoció sus cualidades pasaron a ser una base importante en el desarrollo técnico.

Bernal considera que la utilización de los metales generó un nuevo oficio: el de los forjadores que desempeñaron un papel fundamental en la civilización aunque no difundieron de manera amplia las técnicas utilizadas. Durante muchos siglos el uso de los metales no fue del dominio público, muchas de las herramientas de los campesinos continuaron fabricándose de piedra o de madera. Y sólo con el descubrimiento del hierro se generalizó a todas las capas sociales.¹⁵

Las técnicas agrícolas se desarrollaron aunque deben de haber transcurrido muchos siglos antes de que el hombre utili

¹⁴ *Ibidem*, p. 25.

¹⁵ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 130.

zara por primera vez el arado para la siembra; la azada sustituyó al palo de escarbar mientras que la utilización del arado introdujo una modificación en las labores con la introducción de los animales de tiro.

Felipe Cid, basándose en unos relieves procedentes de Egipto, afirma que "los primitivos arados eran arrastrados -- por hombres, pero su difusión va aparejada con la tracción animal. Con este avance el hombre se liberó de una de las tareas más penosas de la agricultura."¹⁶

4.1. LA ALFARERIA

La invención de la alfarería se considera una consecuencia de la invención de la agricultura, pues para realizar una actividad que requería de tanto tiempo, se precisaba que el hombre permaneciera durante largas temporadas en un lugar.

La alfarería pudo haber derivado de la cestería, pero es seguro que no pudo convertirse en un elemento importante de la actividad humana hasta que el hombre neolítico no adoptó un modo de vida sedentario, hasta entonces había asado la caza en un espetón, pero los cereales y las legumbres, que ahora componían ya una gran parte de su dieta, requerían una cocción lenta en un recipiente que resistiera el calor.¹⁷

Las excavaciones indican que el origen de la cerámica se relaciona con las sociedades protoagrícolas neolíticas, existentes hace unos 7 000 años a. de n.e., habiéndose encontrado los primeros vestigios de ella en Anatolia, en los Montes Zagros y en Ziyalk.¹⁸

Uno de los valores más importantes de la alfarería fue la posibilidad de avanzar en la transformación de la materia al cambiar la constitución química de los materiales y adaptar la materia inerte a sus propias necesidades.

¹⁶ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 38.

¹⁷ T.K. Derry, *et al.*, *op. cit.*, p. 111.

¹⁸ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 39.

4.2. LOS TEJIDOS

El arte de tejer se relaciona con las sociedades sedentarias o en vías de esto; esta actividad se vincula: con las mujeres; con el conocimiento de los animales y el desarrollo de la ganadería pronto se encontraron otras utilidades, pues si bien se habían utilizado las pieles de los animales para confeccionar vestidos, el uso de la lana o de fibras textiles nos habla ya de un dominio mayor sobre el uso de plantas y animales.

Felipe Cid considera que como consecuencia de los tejidos se inventó en esta era el telar "que constituye ya una máquina compleja que presupone unos conocimientos de cálculo y de mecánica bastante evolucionados. Se agiliza el proceso de la elaboración del tejido y se mejora su calidad."¹⁹

4.3. CONSTRUCCIONES

El sedentarismo obligó a mejorar las técnicas de construcción. La necesidad de construir canales de riego y el desarrollo y auge de una clase privilegiada que cada vez más se diferenciaba del pueblo, trajo como consecuencia una enorme evolución en la construcción de la vivienda y sobre todo, en la construcción de templos y pirámides que hasta la fecha se mantienen en algunos de los países mencionados como cuna de las culturas neolíticas. Tales construcciones denotan el grado de conocimientos matemáticos y de arquitectura característicos de estas culturas.

5. LA ESCRITURA

La escritura es uno de los más revolucionarios inventos manual-intelectual del hombre. Se utiliza para clasificar a

¹⁹ *Ibidem.*, p. 40.

las culturas o grupos antiguos, se dice que fueron civilizados los pueblos que inventaron un lenguaje escrito, al que T.K. Derry llama "procedimientos de registro".²⁰ Esta actividad generó un gran avance en las culturas neolíticas. Como todas las actividades del hombre, también sufrió un proceso de desarrollo, cambio y transformación. La mayoría de los autores consultados coinciden en que su origen está en la numeración, invención que por otra parte se asocia con una estructura social cada vez más complicada y desarrollada, basada en diferentes clases sociales organizadas bajo un régimen estatal. Parece ser que los sacerdotes encargados de recoger la cuota obligada del pueblo a sus servicios, se vieron en la necesidad de inventar un sistema que les permitiera llevar un registro de lo colectado que, por ser mucho, escapaba a las posibilidades de la memoria.

Muchos de los propósitos originales de la escritura eran estrictamente prácticos, tales como registros, hechos históricos importantes y códigos legales, y llevar las cuentas requerida por la tributación organizada y el comercio. El desarrollo de sistemas de medición fue una cooperación esencial al desarrollo de la escritura.²¹

Se considera que fue en Mesopotamia en donde se inventó y desarrolló la escritura y marcó un gran avance en la comunicación humana, de gran trascendencia para el progreso económico, intelectual y cultural del hombre.

5.1. LA ESCRITURA EGIPCIA

Cid considera que la escritura egipcia es "esencialmente ideográfica y de un gran valor estético, supone que se desarrolló a lo largo de la segunda mitad del cuarto milenio. Sus orígenes están relacionados con las necesidades administrativas que comportaban la dirección y planificación de los

²⁰ T.K. Derry, et al., *op. cit.*, p. 309.

²¹ *Ibidem*, p. 316.

complejos trabajos de preparación del suelo y regulación del agua, y de las cosechas, en un país que tenía una importancia vital las crecidas del Nilo."²²

Las diferentes formas de escritura que se encontraron en Egipto fueron estudiadas por Clemente de Alejandría y son las siguientes: jeroglífica, hierática y demótica. Las tres formas tuvieron diversas aplicaciones, se considera la más antigua la forma jeroglífica, la hierática es una simplificación de la primera y se utilizaba principalmente en la redacción de documentos religiosos, administrativos, etc.; y la última, la demótica, apareció como una simplificación de la hierática y reemplazó totalmente a la demótica en la redacción de documentos científicos, religiosos, administrativos y judiciales.

Siglos después la escritura egipcia fue reemplazada totalmente por la escritura griega.

6. MEDICIÓN

La medición, de cuyos orígenes se generó la escritura, necesariamente se desarrolló con las culturas neolíticas; el uso de la agricultura conllevó una serie de necesidades tales como la medición de la tierra y la distribución de la cosecha que obligó al hombre a buscar procedimientos que le permitieran resolver sus necesidades, parece ser que en un principio los sistemas de medición variaban de un lugar a otro y estaban muy lejos de responder a la precisión de los de ahora, pero por su origen práctico se sujetaron a una gran variedad de servicios; probablemente los sistemas más antiguos sean los de medida de longitud. Preceden a todas las demás magnitudes, pues desde que el hombre construyó o dividió la tierra se hizo necesaria la utilización de éstas.

²² Felipe Cid, *op. cit.*, p. 48.

Al principio se utilizaron como patrones de medida las manos, los codos, la estatura de los hombres, y conforme se fue desarrollando el comercio se hizo necesaria una medida más común y precisa.

Las primitivas medidas de superficie también respondían a necesidades prácticas. El acre representaba la cantidad de tierra que podía arar una yunta de bueyes diariamente, por consecuencia, también eran medidas imprecisas. Las medidas de tiempo se fueron perfeccionando con el desarrollo de la astronomía.

7. FORMALIZACIÓN DE LA RELIGIÓN

Bernal considera que en esta era, los ritos y mitos desarrollaron un carácter diferente tal que se generó una formalización de la religión como respuesta a los cambios producidos por la invención de la agricultura.²³

Se desarrollaron una serie de mitos y ritos que responden a la necesidad de incrementar las cosechas, organizar sistemas de riego y conocer los cambios de la naturaleza que de una u otra manera afectaban la productividad de la tierra.

8. BASES CIENTÍFICAS DE LA ÉPOCA

Las bases científicas establecidas durante la era neolítica se manifestaron en el enorme desarrollo que lograron culturas como la de los egipcios, mesopotámicos, chinos e indios en el campo de la astronomía y de las matemáticas. Ciencias que, una vez más, nos manifiestan la relación que existe sobre todo en estas primeras etapas del desarrollo del hombre, entre sus necesidades y el conocimiento. Si bien no se puede definir en tiempo y espacio propiamente cuándo se origina la

²³ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 118.

ciencia, , podemos decir con seguridad que fue durante esta era que se adquirieron una gran cantidad de conocimientos que más tarde los griegos, con su maestría y originalidad creativa, transformaron en ciencia.

Como es prácticamente imposible desarrollar en un trabajo de las características del presente las peculiaridades de las culturas neolíticas, nos referiremos específicamente a la cultura egipcia, por ser una de las más representativas, y de la que más huellas nos ha dejado.

8.1. LAS MATEMATICAS

Es obligado recurrir a la relación de origen entre las matemáticas y la agricultura. Anteriormente mencionamos, cuando hablamos de la numeración, que ésta se creó como una necesidad de registrar una serie de hechos o acontecimientos que se presentaron en la era neolítica. De manera natural el hombre contaba con registros propios, el largo del brazo, el número de dedos, el número de pies y manos, los ojos, las orejas, los lados derecho e izquierdo de su cuerpo, los pasos adelante, atrás, etc., y en un principio recurrió a estos elementos que le permitieron sentar las bases de una ciencia que se desarrolló a lo largo de esta era. El desarrollo de la agricultura y de la construcción alimentó de manera permanente el avance de las matemáticas.

Las matemáticas egipcias son muy representativas de las desarrolladas por las culturas neolíticas y además se han encontrado algunos documentos como los papiros de Kahun, de Moscú, de Rhind y otros documentos más recientes que de manera general nos muestran una gran variedad de ejemplos de problemas y soluciones en su mayor parte relacionados con la agricultura.

En el papiro de Kahun se encuentran ejemplos de operaciones aritméticas concretas de multiplicación y de división

de reducciones de fracciones de numerador 2 y de denominadores impares a sumas de fracciones que tengan todas la unidad como numerador y problemas aritmético-geométricos relativos a medidas de capacidad.

En este papiro se manifiesta que conocieron la propiedad aritmética excepcional de los cuadrados 2, 3, 4, 5, y que sabían utilizarlos por el método de proporcionalidad.

El papiro de Moscú

En este documento se encuentran ejemplos de los siguientes problemas: 1. Determinación correcta del volumen de una pirámide truncada de base cuadrada, 2. La determinación correcta de la longitud de los lados de un cuadrilátero cuando conocemos la relación de estos lados con el área del cuadrilátero. 3. Dos problemas de áreas de triángulos.

El papiro de Rhind

Dividido por E. Peet contiene:

Tablas de soluciones de las fracciones de numerador 2; y tres libros: aritmética, mensuración métrica y problemas de aritmética.

El segundo libro se divide en tres partes: volúmenes y capacidades cúbicas, áreas y ángulos de inclinación.

En documentos más recientes se encuentran problemas de fracciones con numeradores del 1 al 15.

El sistema egipcio de numeración fue decimal, se contaba con los dedos de ambas manos y además semejante a la numeración romana por su carácter aditivo. No hay indicios de que hayan conocido el uso del cero.

La geometría era totalmente empírica, se conoció el cálculo de áreas de triángulos y rectángulos porque se tenían las tierras.

Las matemáticas de los egipcios fueron creadas y desa--

rolladas para resolver problemas de carácter inmediato, no se encuentran datos de que hayan desarrollado conceptos o establecido generalizaciones de ningún tipo. Su aplicación responde en todo momento a interrogantes de tipo técnico, en los papiros encontrados afirma Abel Rey, no hay indicios de interpretaciones religiosas, más bien nos dice Abel denotan un saber exclusivo de una determinada clase.²⁴

El origen de la ciencia no se puede ubicar en un tiempo y un espacio determinados, no podemos hablar de una fecha precisa en la que se inicia la ciencia, sólo podemos concluir que el grado de desarrollo de las matemáticas de los egipcios sirvió de base sólida para que los griegos maestros de las grandes generalizaciones tuvieran campo fértil para convertir estos conocimientos en ciencia.

La etapa que marca el espíritu de la matemática egipcia será más bien la toma de conciencia de la positividad técnica, sin más. Esa positividad la encontramos también en la ciencia griega, pero ya mezclada, aliada con el espíritu filosófico, ya que si éste la separa de la técnica que no se esfuerza por comprender, aquél la pone en guardia contra las desviaciones extranaturales. La geometría racional quizá no hubiera nacido sin el aliento metafísico que lo condujo a la demostración explicativa. No hubiera nacido seguramente sin la preocupación positiva que convirtió de un golpe la demostración explicativa en demostración probativa.²⁵

8.2. LA ASTRONOMIA EGIPCIA

La astronomía egipcia es un ejemplo muy claro de la época. La agricultura como principal actividad regula el desarrollo de esta ciencia, aunque parece que la astronomía egipcia no estuvo tan desarrollada como la de los caldeos asirios, en términos generales, se afirma que presentan las mismas ca-

²⁴ Abel Rey. *La ciencia oriental antes de los griegos*. México, Ed. Hispano Americana, 1959.

²⁵ *Ibidem*, p. 209.

racterísticas, parece ser que había relación e influencia entre las diferentes culturas.

No obstante lo anterior, la astronomía egipcia presenta una serie de peculiaridades importantes que reflejan su característica principal, según se demuestra que la atención fundamental se centraba en la repetición de la inundación del Nilo.

Contaba con tres estaciones de cuatro meses cada una: - la tétrada de la inundación, la de la vegetación, y la de las cosechas o del calor. Abel Rey nos dice "que se conocía muy bien que por debajo de la segunda catarata del Nilo comenzaba a crecer en una fecha casi fija, en el solsticio de verano - (21-22 de junio de nuestro calendario). Crecía poco a poco y más o menos sigue creciendo durante cien días, quedaba estacionado unos días y comenzaba a decrecer alrededor del día - 120."²⁶

Se tomaba también como referencia otro fenómeno que parece ser también coincidía con la crecida del Nilo. En la latitud de Menfis durante los siglos 5 y 6 que preceden y siguen al año 3285 A.C., los primeros días de la crecida coincidieron (y esto llamó la atención de los observadores primitivos) con el momento en que Sothis se elevaba inmediatamente - delante del sol, como su anunciadora y compañera. Por eso -- fue identificada como la Diosa Isis. Sothis es uno de los astros más hermosos del cielo, nos dice Abel Rey, el más hermoso del cielo, el más hermoso después de Júpiter y de Venus, y la más brillante de las estrellas fijas, es nuestro Sirius.²⁷

Desde una época anterior a los 4 000 años y hasta los 1 200 años antes de nuestra era, el sol tuvo su ascensión en el solsticio de verano en las estrellas de León y hasta el 1 000 de nuestra era ascendió en la misma constelación en el momento en que se producía la ascensión heliaca de Sirius. Por eso

²⁶ Ibidem, p. 213.

²⁷ Ibidem, p. 213.

guardaban los egipcios a esta constelación un especial respeto religioso.²⁸

En conclusión se sumaban tres coincidencias que acapararon la atención de los egipcios. El comienzo de la crecida del Nilo, el solsticio de verano y la ascensión heliaca de Sirius.

La ascensión heliaca de Sothis con relación al año celeste fue el punto de referencia para el año civil.

Una de las peculiaridades de la astronomía egipcia fue la de considerar el período sothiaco, además de poseer el año vago.

La ascensión heliaca de Sothis, marcaba casi al mismo tiempo entre Menfis y la primera catarata, en las localidades en donde se desarrolla la civilización egipcia, el solsticio de verano durante el cuarto y el tercero milenio, pero sobre todo en el cuarto.²⁹

Los egipcios se regían por lo que se llama un año vago (no se tenía cuidado de ponerlo de acuerdo con los acontecimientos celestes periódicos), no tenían mes intercalar ni día bisiesto. Tampoco se preocuparon por hacer coincidir el calendario de la periodicidad lunar. El mes era siempre de 30 días y cada año de 12 meses iguales se agregaban 5 días epagómenos fuera del mes, que se dedignaban con el nombre de celestes, a partir de que el año se fijó en 365 días.

No se encuentra en la astronomía egipcia datos sobre los eclipses, probablemente aunque los observaran no debieron representar importancia para ellos, a diferencia de otras culturas en que sí han sido descritos.

Igual que muchos pueblos del Oriente usaron el gnomon con un punzón para determinar la hora durante el día.

²⁸ *Ibidem*, p. 215.

²⁹ *Ibidem*, p. 208.

Sin duda alguna algo que se manifiesta en la astronomía de los egipcios es su carácter práctico de la misma forma que las matemáticas los conocimientos adquiridos fueron posteriormente utilizados por los griegos para darles un carácter racional.

Para Abel Rey la importancia de los egipcios radica en haber creado una ciencia positiva y humana, completamente técnica, sin teoría, sin filosofía.³⁰

9. CONCLUSIONES

Las culturas neolíticas fueron la fuente del conocimiento de la cultura griega, aun cuando su saber haya sido empírico; sin estas maravillosas bases no se hubiera podido crear el conocimiento racional, muchos siglos tardaron los griegos en darle al conocimiento egipcio un carácter teórico, conceptual. Al final de la era neolítica se habían establecido las ciudades y un nuevo sistema económico buscaba su consolidación, el sistema esclavista, característico de la época clásica. Poco a poco las necesidades de la ciudad le dieron a la civilización un carácter totalmente distinto, surgió la cuna de la civilización y de la cultura occidental en manos de los griegos.

La sociedad ya estaba madura para pasar del conocimiento empírico, práctico, a la elaboración de conceptos, a la explicación teórica de los fenómenos de la naturaleza, los conocimientos acumulados eran las bases para el siguiente paso: el establecimiento de leyes, de generalizaciones que estaban latentes en las aportaciones dadas por los egipcios, mesopotámicos, chinos, indios, etcétera.

Las bases de la física, química y biología establecidas en la era paleolítica fueron desarrolladas durante la era neolítica; en el terreno del conocimiento de plantas y animales

³⁰ *Ibidem*, p. 208.

que tan útil fue para la agricultura, en la química amplió - sus conocimientos con el uso de los metales, la alfarería y los tintes y en la física con el desarrollo de la técnica se enriquecieron los conocimientos de la mecánica. Y como bases científicas propias de esta época surgen la Astronomía y las Matemáticas.

III. EPOCA CLASICA

1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS

1.1. BASES ECONOMICAS

Grecia antigua ocupaba la parte meridional de la península de los Balcanes. Era un país montañoso, de escasa fertilidad, muy accidentado y con cordilleras que lo atravesaban de lado a lado. Sólo en algunas zonas existían terrenos propicios para la agricultura: en Laconia y Mesenia, al sur; en Boecia, parte central; y en Tesalia, región septentrional.

A diferencia de las culturas neolíticas que se asentaron en las márgenes de los ríos, Grecia no contaba con un solo río caudaloso, pero en compensación los griegos siempre hicieron uso del mar, desde muchos siglos antes de nuestra era, desarrollaron la navegación y el comercio marítimo.

Grecia poseía una gran riqueza en minerales útiles, -hierro, plata, oro, también materiales propios para la construcción como la arcilla y mármoles, productos que constituyen la base del comercio.

El país sufrió una gran cantidad de transformaciones, fue una cultura constituida por grupos diferentes, los aqueos y los dorios.

Los habitantes de Grecia pertenecían a razas diferentes, si bien es cierto que una vez instalados - los dorios, el pueblo adquirió un sentido de su unidad y de una cultura nacional en una Helade común, a pesar de los particularismos de las ciudades y Estados individuales. Probablemente obedecía a diferencias raciales la distinción que encontramos en algunos Estados entre clases diferentes y serviles, siendo así que había otros esclavos que eran originariamente "bárbaros" del Este o del Norte.¹

¹ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 41.

Antes de que se establecieran los dorios floreció la cultura de los aqueos, aproximadamente en los siglos XVII y XVIII, a.n.e.: se emplazaron en el Peloponeso. Los más importantes de ellos fueron Micenas y Trinto en la Angolida y Pilos en Misenia. Su florecimiento se establece entre los siglos XV-XIII a.e., extendieron su poder sobre la parte meridional de las penínsulas balcánicas y sobre las islas de Egeo, entre ellas Creta, comerciaron activamente con Chipre, Egipto y Fenicia.

A fines del siglo XIII a.n.e. los aqueos fueron invadidos por las tribus dóricas, bajo las cuales muere la cultura de los aqueos.

El período siguiente es el comprendido entre los siglos XII y VIII a.n.e., al que se le denomina sociedad homérica.

Manfred afirma que:

La sociedad homérica es ya la sociedad griega posterior a la conquista dórica y la ruina de la civilización de los aqueos. De ahí que se trate de una sociedad relativamente primitiva, poco desarrollada. Gracias a los poemas de Homero colegimos que en aquellos tiempos predominaba en Grecia la economía natural y que la población se dedicaba a la Agricultura y a la Ganadería. Como los antiguos lazos comerciales se habían perdido era el comercio escaso y principalmente a base de trueque.²

El siguiente período, comprendido entre los siglos VIII y VI a.n.e., del cual nos ocuparemos más ampliamente por representar la etapa más importante para la creación de la ciencia; se caracteriza por cambios trascendentales en la economía, en la técnica y en general en todos los aspectos de la sociedad.

Este período se caracteriza por la utilización del hierro, la invención de la soldadura y la fundición. Se desa-

² A.Z. Manfred, *op. cit.*, p. 48.

rrolla también la industria textil, la alfarería y el tallado de piedra, debido a la importancia de estas actividades, Grecia recobró su lugar en el comercio, se establece de nuevo una amplia comunicación con las culturas neolíticas, especialmente con la Fenicia, de quienes adquieren el alfabeto; se crea además un sistema monetario y como consecuencia de lo anterior se fortalecen las ciudades.

En la edad de Hierro se establece por primera vez la producción de mercancías de una manera regular y, en rigor, como una parte esencial de la actividad económica y social en la edad de Hierro fue el empleo de los esclavos, ya no sólo para servidumbre como antes, sino también como medios de producción para el mercado. La producción se concentró en la Agricultura y la Minería, aunque luego se extendió a la manufactura.³

Con el fortalecimiento del comercio, la población se dispersó y se fundaron varias ciudades-estado; este fenómeno fue influido por otros de carácter social, como el enfrentamiento entre las diferentes clases sociales.

La necesidad de tierras nuevas, la escasez de algunos productos agrícolas, trigo principalmente, la búsqueda de nuevos mercados, determinaron la gran expansión de las comunidades griegas hacia Oriente y Occidente: establecimiento de colonias que habrían de convertirse en puntos de apoyo de la penetración en regiones nuevas.⁴

A raíz de esta colonización se crearon los centros donde durante el siguiente período tendrían mayor florecimiento la ciencia, la filosofía y el arte. Estos centros fueron Mileto, Esparta, Atenas y Corinto.

Entre los siglos VIII y V se perfilaron tres direcciones fundamentales en las colonizaciones griegas: 1) La costa de Asia Menor y las Islas del Mar Egeo (Colonias: Efeso, Mileto, Halicarnaso, las Islas de Samos, Rodas, etc.); 2) La dirección occidental

³ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 170.

⁴ P. Oliva Barecky. *Historia de los griegos*, Argentina, Editorial Cartago, 1971, p. 39.

(colonización de Italia meridional y Sicilia; Mas silia en la Galia y Sagunto en España, y 3) Los es trechos y el Mar Negro (Bizancio, Sirope, Olbia, Quersoneso, Particapea, etc.). Muchas de estas co lonias se convirtieron en grandes emporios indepen dientes, prósperas ciudades-Estado, que más adelan te establecían también colonias.⁵

Grecia, la cuna de la civilización occidental, merece este nombre por haber sido el primer país europeo de impor tancia. Su necesidad de desarrollar el comercio lo llevó a establecer vínculos con muchas culturas importantes, egipcia, caldea, fenicia, etc., de las cuales obtuvo un gran caudal - de conocimientos que le sirvieron de base para crear una de las actividades humanas más importantes para la civilización: la ciencia.

Dampier explica que:

todas las corrientes separadas del conocimiento - del mundo antiguo confluyeron en Grecia, donde fue ron filtradas, purificadas y canalizadas en cauces nuevos y mucho más aprovechables, gracias al genio maravilloso de aquella raza que fue la primera de Europa que salió de la obscuridad.⁶

1.2. ORGANIZACION SOCIAL

La época Clásica se caracteriza por un régimen esclavis ta; éste fue constituido a lo largo de muchos siglos, la pri mera etapa hasta el siglo VI a. de n.e., representa la diso lución del régimen gentilicio; la economía cambió del traba jo del comerciante, del campesino y del artesano libre, a una economía basada en el trabajo del esclavo.

En la medida en que el comercio adquirió mayor impor tancia, sobre todo en la etapa de la colonización entre los siglos VIII y VI a de n.e., se fueron estructurando diferen tes clases sociales, el comerciante rico, el campesino pobre,

⁵ A.Z. Manfred, *op. cit.*, pp. 49 y 50.

⁶ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 41.

el artesano, y el esclavo que generalmente provenfa de los pueblos conquistados.

Los agricultores y pastores humildes constituían la ca pa más grande de la población, poseían parcelas de tierra, - sus bienes eran pocos, apenas si alcanzaba para la manuten- ción de las familias, junto a ellos se encontraban los arte- sanos, herreros, carpinteros, etc. y los esclavos que aumen- taban cada día.

La creación de las ciudades-Estado caracterfsticas de Grecia fue influida por los enfrentamientos entre las dife- rentes clases sociales.

P. Oliva y B. Barecky lo describen así:

El establecimiento de colonias fue estimulado por otro factor no menos importante. En una serie de comunidades se produjeron luchas encarnizadas en- tre la aristocracia y el pueblo, en el período de la descomposición del sistema gentilicio y de la - formación de las ciudades-Estado. Dichas luchas - fueron acompañadas de un aumento del número de emi- grados que buscaban refugio en las nuevas colonias.⁷

Las ciudades-Estado fueron también centros políticos - con características muy distintas, cada una de ellas desarro- lló diversas formas de economía, técnica, educación, etcéte- ra.

Grecia antigua no fue nunca un Estado único, cen- tralizado, sino que estuvo fragmentado en diversas polis, las cuales además de vivir autónomamente, a menudo se hacían la guerra.⁸

Los enfrentamientos entre las diferentes clases socia- les, se daban por igual en todas las ciudades-Estado. Los - aristócratas se apoderaron de las mejores tierras y rebaños.

En Mileto las luchas entre los ricos y los artesanos - se prolongaron durante dos generaciones, el pueblo se resis-

⁷ P. Oliva y B. Barecki, *op. cit.*, p. 41.

⁸ A.Z. Manfred, *op. cit.*, p. 41.

tía a perder sus pocas pertenencias, suspiraba por épocas pasadas. En tiempos de malas cosechas los agricultores quedaban a merced de los terratenientes. Hipotecaban sus campos, más tarde eran despojados de sus tierras.

La sociedad esclavista que pasó por momentos distintos se ve reflejada en las diferentes características de la ciencia, manifestada en la etapa Jónica, Ateniense y Helenística. Durante la primera se presentó la transición entre el régimen gentilicio y el esclavista, la segunda se considera como la consolidación y el auge de este sistema, y la última, la helénica, coincide con la crisis general de este modo de producción.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA

2.1. LA CIENCIA DE LOS JONIOS

La situación geográfica de los puertos jonios brindaba la posibilidad de una mayor comunicación entre Grecia y los pueblos asiáticos. Mileto fue el puerto más rico e importante de Jonia.

Entre los siglos VII y VI A. de N. E. Mileto se encontraba en pleno desarrollo; no es fortuito que aquí se fincaran las bases de la ciencia racional.

El comercio y la navegación, actividades principales, enriquecían las experiencias de los griegos, intercambiaban la técnica, los rasgos culturales y sobre todo el conocimiento con las culturas orientales más importantes, muchos de los filósofos más destacados realizaron sus estudios en Egipto.

Fueron los jonios los que estaban más estrechamente relacionados con las culturas neolíticas, y se les considera precursores de la ciencia. Entender la diferencia entre la

grandeza de los egipcios, caldeos, fenicios, chinos, etc., y la de los griegos, no es sencillo; las culturas orientales - brindaron un gran cúmulo de conocimientos adquiridos de manera empírica, que fueron utilizados por los griegos para la creación de la ciencia.

Los jonios fueron capaces de recopilar esos conocimientos, de ordenarlos, sistematizarlos y darles un carácter racional; crearon un método y un lenguaje para la ciencia y precisamente esto le dio la grandeza a la cultura clásica, a los griegos se les llama maestros de las grandes generalizaciones, pues fueron capaces de pasar de un conocimiento práctico, que respondía sólo a una necesidad inmediata, a la elaboración de conceptos, de principios, y a la generalización de éstos.

La ciencia de los jonios se caracteriza por darle un carácter distinto al conocimiento. Durante esta etapa, se busca la explicación de los fenómenos de la naturaleza, el conocimiento se adquiere de manera directa, usando el método deductivo, a diferencia de las culturas orientales que adquirían el conocimiento de manera indirecta, al resolver sus necesidades básicas.

El proceso empírico-espontáneo del conocimiento conserva dos importantes peculiaridades: 1) en él la obtención de conocimientos todavía no deviene una forma independiente de actividad. Está entrelazada con las diferentes formas de acción práctica que conlleva la transformación de los objetos de trabajo; 2) el objetivo fundamental del acto cognoscitivo es aquí la solución de los problemas y la superación de las dificultades con que tropieza el hombre en la actividad práctica.

Para la actividad cognoscitiva, no son suficientes los hábitos ni la experiencia adquirida en las acciones prácticas. Se requiere la habilidad de observar sistemáticamente, clasificar los objetos y sus propiedades; formular y contraponer los conocimientos, construir las conclusiones y comprobarlas, utilizar los conocimientos de unos objetos para el estudio de otros.⁹

⁹ Aróstegui, José Manuel, et al., *op. cit.*, p. 28.

Los griegos hicieron de la ciencia una actividad social y la despojaron de los mitos religiosos.

Se considera que el nacimiento de la ciencia coincide con el surgimiento de las clases sociales; recordemos que durante esta época desaparece poco a poco el régimen gentilicio, el surgimiento de las clases lleva a establecer un nuevo orden social, una división del trabajo distinta, y de esta división se genera una separación entre el trabajo intelectual y el trabajo manual.

Si bien esta separación originará una actividad tan importante como la ciencia, lo cierto es que la ciencia joniana no manifiesta todavía esa ruptura entre los filósofos y el pueblo, que sí se presentará durante la etapa ateniense cuando el sistema esclavista estará en su auge.

La creación de la ciencia obligó a la creación de una serie de medios materiales e instrumentos especiales para adquirir el conocimiento. El conocimiento empírico utilizaba los mismos instrumentos de trabajo, pues al resolver sus necesidades básicas, adquiría el conocimiento; la ciencia requirió de medios especiales, el lenguaje, las matemáticas, que le dieron la posibilidad de distinguir los cambios en el objeto del conocimiento.

2.2. CARACTERISTICAS

- Objeto de Estudio

La preocupación fundamental de los jonios fue la de explicar el principio fundamental de la naturaleza, el rechazo planteado anteriormente hacia las concepciones caracterfsticas de las culturas neolíticas, en las que el conocimiento estaba estrechamente ligado a la religión, contribuyó para que durante esta etapa se estableciera una separación tajante entre la ciencia y la religión.

Los filósofos jonios de maneras muy diversas buscaron en la propia naturaleza la respuesta a sus interrogantes.

Bernal considera que el gran valor de los filósofos jonios radica precisamente en la forma sencilla de resolver sus problemas.¹⁰

Los filósofos jonios fueron llamados sofistas; desgraciadamente no hay huellas de su obra, lo que se conoce son - las descripciones que de ellos hacían Platón y Aristóteles, - fundamentalmente con la idea de enfrentarlos, de rechazarlos y lo que fue transmitido por tradición oral.

Fundaban verdaderas escuelas de pensamiento, la mayoría de ellos pasó algunos años en Egipto, en donde estudiaron fundamentalmente las matemáticas.

- Concepción de la naturaleza

El rechazo a la religión, la separación de ésta de la ciencia, creó una ciencia materialista, atea, se trataba de - un materialismo hilezoísta, materia-vida.

Un ejemplo de la concepción materialista desarrollada - por los filósofos jonios, lo encontramos en el desarrollo de la anatomía.

La historia de la Anatomía es la historia entre el materialismo y el idealismo, en sus concepciones sobre la estructura y el desarrollo del organismo humano. Esta lucha se inició con el surgimiento de - las clases en la época del régimen esclavista.¹¹

- Método

Los filósofos jonios utilizaron por primera vez un método para la ciencia, un camino especial para adquirir el conocimiento. El lenguaje creado les dio la posibilidad de implementar largas discusiones en torno a su objetivo principal, -

¹⁰ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 187.

¹¹ M. Prives, *et al.* *Anatomía Humana*, Moscú, Ed. MIR, 1978, - p. 23.

el estudio de la naturaleza, y basados en la observación, es tablecieron grandes generalizaciones, la ciencia de los j--nios no fue una ciencia experimental; podemos decir que en el proceso metodológico actual se quedaron en el planteamiento - de hipótesis, su método fue el hipotético-deductivo.

El carácter científico de los primeros racionios se manifestaba demostrando con mayor generalidad y no sólo para los casos particulares, la imposibili- dad de admitir la coexistencia pacífica de catego- rías contradictorias; por tanto, en verificar toda noción de la experiencia común, sondeándola en to- dos sus supuestos y en todas sus consecuencias, - con el objeto de probar sus eventuales contradic- ciones y, según las cosas, rechazarlas o buscar el camino de su justificación.¹²

La creación de un método para la ciencia, fue un paso - definitivo para el desarrollo del conocimiento; si bien no - fue un método completo, fue el arranque de la ciencia, la pri- mera piedra, necesaria para construir el edificio del método científico experimental que tardó muchos siglos en estructu- rarse; cada etapa histórica de aquí en adelante desarrollará un método que responda a sus propias necesidades.

Cuando los nuevos procesos descubiertos difieren - radicalmente de los procesos conocidos con anterio- ridad, y su comportamiento contradice a las leyes formuladas por la ciencia, entonces se produce la transformación revolucionaria de las concepciones científicas, se descubren las leyes que gobiernan el desarrollo universal de esos procesos compren- diendo tanto a las artes conocidas, como a las re- ción descubiertas y se superan los métodos para la investigación.¹³

La etapa jónica expresa claramente los conceptos de Eli de Gortari, citados anteriormente; se produjo una revolución en la adquisición del conocimiento, revolución que no hubiera

¹² Ludovico Geymonat. *El pensamiento científico*, Argentina, - EUDEBA, 1972, p. 8.

¹³ Eli de Gortari. *El Método Dialéctico*, México, D.F., Ed. - Grijalbo, 1970, p. 43.

sido posible sin la ciencia práctica de las culturas orientales, el método científico es el camino que sigue la ciencia y su desarrollo corresponde al desarrollo histórico de la sociedad, se utilizó el método deductivo, hasta que el propio avance de la ciencia necesitó de una nueva alternativa, esto ocurrirá hasta la etapa helenística con la ciencia desarrollada por Arquímedes.

2.3. PRINCIPALES FILOSOFOS

En la escuela de Jonia de Mileto, fueron tres los filósofos más grandes: Tales, que representaba una escuela, y Anaximandro y Anaxímenes; el desarrollo de la escuela de Mileto perduró un siglo.

TALES DE MILETO:

Matemático práctico, padre de la geometría, fundador de la escuela de Mileto, fue un importante astrónomo; predijo un eclipse, estudió matemáticas y astronomía en Egipto; igual que los demás fue un hilezofo, resolvió la pregunta sobre el principio fundamental de la naturaleza, argumentando que era el agua.

Nació en el año 624 y vivió hasta el año 548 ó 545 a. n.e., probablemente fue de origen fenicio; se le consideró uno de los siete sabios de Grecia.

Fue el precursor de la geometría, y se le atribuyen una serie de formulaciones geométricas:

1. Un círculo es bisecado por su diámetro.
2. Los ángulos, en la base de un triángulo isósceles, son iguales.
3. Si dos rectas se cortan, los ángulos opuestos por el vértice son iguales.
4. El ángulo inscrito en una semicircunferencia es un ángulo recto.
5. Los lados de triángulos semejantes son proporcionales.
6. Dos triángulos son iguales si tienen dos ángulos y un lado respectivamente iguales.¹⁴

¹⁴ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 67.

La influencia recibida de los egipcios se manifiesta en sus matemáticas prácticas; creó un sistema para medir la altura de las pirámides.

ANAXIMANDRO DE MILETO:

Probablemente estuvo relacionado con Tales, 15 años más joven que él; es factible que haya sido su maestro.

Anaximandro es considerado el primer astrónomo occidental que empleó el gnomon, instrumento que ya había sido utilizado por los egipcios. Se le atribuye la elaboración del primer mapa-mundi.

Para Anaximandro el principio fundamental de la naturaleza era el apeirón, término que significaba lo indeterminado, lo desconocido.

ANAXIMENES DE MILETO:

Ultimo de la escuela de Mileto (528-525 a de n.e.). Se conoce poco de su obra. Para este filósofo el aire representaba el elemento más importante de la naturaleza; argumentaba que tanto el hombre como los animales no pueden vivir sin él.

Fue astrónomo; opinaba que los astros eran de naturaleza ígnea y giraban alrededor de la tierra, y que la tierra era plana y el sol de fuego.

PITAGORAS:

(575-500 a de n.e.) Ya no siguió la ciencia de Tales; fundó una de las más importantes escuelas; su concepción se tornó idealista quizá en relación con los cambios que sufría la sociedad, se consolidaba el sistema esclavista, pero también formuló una respuesta en torno al principio fundamental de la naturaleza, atribuyéndosela al número.

Los pitagóricos crearon la idea abstracta de número. En la matemática práctica este concepto hizo posible la aritmética.

La escuela pitagórica utiliza también las bases de las matemáticas creadas por los egipcios; el Teorema de Pitágoras, parece que ya había sido utilizado en Egipto; Pitágoras lo explicó, conceptualizó y buscó su generalización.

HERACLITO (535-465 a de n.e.)

Se considera el filósofo del cambio, se le atribuye la frase de nadie se baña dos veces en el mismo río.

La concepción según la cual todo está en constante movimiento y cambio, que constituye un descubrimiento genial, se completa con una concepción cosmológica que considera ese movimiento como sujeto a leyes, formando un entramado causal y determinista. El movimiento no es desordenado y sigue un patrón susceptible de ser conocido y aprehendido. En este entramado causal y necesario están incluidas todas las cosas.¹⁵

DEMOCRITO:

Perteneció a la corriente de los atomistas, se considera como el último filósofo del cambio, cuyo objeto de estudio también fue la naturaleza.

Leucipo y su discípulo Demócrito establecieron como elementos lo lleno y lo vacío, queriendo referirse con ello al ser y al no ser, ya que por lo lleno y lo sólido (o sean los átomos) entendían el ser y por lo hueco el no ser... Pero estos elementos son, para ellos, fundamentos del ser en el modo de la materia. Y como aquellos que llaman lo uno a la sustancia básica (a la materia), haciendo que lo demás sea engendrado por sus cualidades exactamente del mismo modo designan también las diferencias (o sean los átomos) como causa de lo restante.¹⁶

Demócrito dejó plasmada su grandeza en la elaboración de la primera teoría atómica, al igual que los demás filósofos jonios resolvió el problema del principio fundamental de la naturaleza, atribuyéndosela al átomo, al que consideró in-

¹⁵ Aróstegui, José M., *op. cit.*, p. 28.

¹⁶ Federico Engels. *Dialéctica de la Naturaleza*, México, D.F. Ed. Grijalbo, 1970, p. 43.

divisible, aun cuando no lo podía ver deducía su existencia en todas las cosas de la naturaleza.

Todos los filósofos de esta época se caracterizan por buscar en la propia naturaleza, la respuesta a su principal preocupación, claro, a excepción de Pitágoras, su concepción se refleja en esta característica, así como también todos manifiestan la característica del método, al establecer las generalizaciones en torno a dicho principio.

3. ETAPA ATENIENSE

3.1. CARACTERISTICAS

Jonia que estuvo a la cabeza de las ciudades-Estado durante el siglo VI a de n.e., por su cercanía con los países orientales, por la importancia de sus puertos, por el desarrollo del comercio y por la grandeza de su ciencia, empezó a caer en el siglo V y a ser sustituida por Atenas, en el año 1494. Mileto fue totalmente destruida, como resultado de una sublevación jónica; al mismo tiempo, Atenas sufría una serie de cambios en el orden económico y social que le permitieron convertirse en una ciudad-Estado tan importante en Grecia que sería generadora de una serie de cambios en el orden económico, cultural, científico y artístico y que manifestaría su influencia durante muchos siglos, en la mayor parte de la edad media.

El Atica ofrecía en los siglos VI y V a n.e. el ejemplo de un estado griego esclavista muy evolucionado. Su historia permite seguir la formación de la polis esclavista, la caída de la aristocracia de nacimiento, la supresión de las supervivencias del régimen de clanes y la aparición de la forma superior del Estado esclavista: LA REPUBLICA ESCLAVISTA DEMOCRATICA.¹⁷

¹⁷ A. Dekonski. *Historia de la antigüedad. Grecia*, México, Ed. Grijalbo, 1966, p. 89.

Atenas, que representó el auge del sistema esclavista, se consolidó como tal en un proceso que duró alrededor de tres siglos, del VI al IV. Durante este período vivió la transformación de las clases sociales que lo llevaban a establecer una economía basada en el trabajo del esclavo, pero, al mismo tiempo, fueron aflorando una serie de contradicciones que dieron por resultado la contienda permanente entre dos partidos, el de la vieja aristocracia y el de los demócratas. Destacados estadistas de la época propusieron reformas, como Solón y Pericles, pero finalmente seguían sosteniendo la división profunda de clases sociales y creando una democracia que mantenía a la capa mayor de la población que eran los esclavos, marginados de las asambleas, una "democracia" que fundamentalmente favorecía a las clases medias.

Durante el siglo V a de n.e., en la llamada época de Pericles, tuvo lugar en Atenas un auge inusitado de la ciencia con características diferentes a la de los jonios. Atenas, por la importancia con que desarrolló la cultura, se convirtió en un centro al que acudían filósofos importantes de toda Grecia.

Para Dampier el cambio en el rumbo de la ciencia, la concepción y el objeto de estudio, se vio determinada por el contexto social; las asambleas requerían de la participación de los sofistas; el discurso y la oratoria se hicieron instrumentos inseparables de los filósofos y sobre todo la profundización en la separación de las clases sociales obligaba a elaborar una teoría que resguardaba los privilegios de clase de que ya gozaban los filósofos.¹⁸

La democratización del régimen griego se enorgullecía de posibilitar el desarrollo del hombre, y sobre todo, de generar la responsabilidad de éste para con la sociedad. Se conjugaron varios factores que dieron como resultado que la cien

¹⁸ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 58.

cia de los atenienses tuviera como objeto de estudio el hombre.

En el siglo V a de n.e., ya instaurada la democracia en la que surgieron los sofistas, la ciencia - de las escuelas o movimientos científicos comienza a ordenarse, pasando a manos de quien puede permitirse una cierta independencia intelectual; sólo así podríamos entender la vida de las academias, - la primera la de Platón, cuya misión precisamente consistirá en institucionalizar, aunque en un sentido más amplio que el actual, los núcleos de cultura que se van sucediendo.¹⁹

La característica de estos nuevos científicos determinó de manera definitiva el rumbo de la ciencia; muchos de ellos nos han dado a conocer las aportaciones de los jonios, más - que por valorar esa ciencia, por combatirla. Durante la etapa ateniense se levantó una barrera entre la ciencia y la técnica; el trabajo manual fue despreciado, digno solamente de los esclavos; ciencias como la geometría, cuyos orígenes estaban en la práctica de los egipcios, fueron planteadas de manera - diferente.

El lenguaje se convirtió en el instrumento fundamental de los filósofos, para ello tuvieron que desarrollarlo, perfeccionarlo y alejarlo definitivamente del lenguaje popular.

3.2. FILOSOFOS PRINCIPALES

Los filósofos más importantes de esta etapa fueron Sócrates, Platón y Aristóteles. Platón fundó una escuela con - una nueva concepción idealista.

Para Platón la esencia del mundo la constituyen las -- ideas, a través de las cuales se entendía el contenido objetivo del conocimiento, formado por conceptos, y a través de - - ellos, el hombre podría alcanzar el saber absoluto.

El proceso cognoscitivo en la concepción platónica no puede vincularse con nuestra acción, por cuanto

¹⁹ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 89.

es obvio que la acción se dirige por su propia indole a lo que de alguna manera puede sufrirla (es decir, a lo que puede modificarse, transformarse, descomponerse); en cambio el conocimiento debe fundarse en el contacto directo entre nosotros y el saber absoluto. El único acto cognoscitivo, el verdadero, es exclusivamente el de contemplar el ser; dejar que el ser se nos revele en su integridad y pureza.²⁰

No es de extrañar que su filosofía haya sido utilizada como fundamento teórico en algunas religiones, sobre todo durante la edad media. Para Platón las matemáticas eran la ciencia más próxima a la dialéctica, siempre y cuando se alejaran de las aplicaciones prácticas.

A la geometría la redujo al estudio sólo de las figuras que podían constituirse con rectas y circunferencias, excluyendo las curvas mecánicas, las que no pueden trazarse con regla y compás (cónicas, la cuadratura de Hippias), pues consideraba que al recurrir a los instrumentos mecánicos se oscurecía la belleza de la geometría.

Para Platón no existían los objetos, sólo las formas universales, el reino mineral, vegetal o animal.

Sustituyó la palabra Astronomía (ordenación de los astros) por la de Astrología (razonamiento sobre los astros); se preocupó más por hablar de cómo serían las estrellas que de cómo eran; relacionó la ciencia con la religión considerando a los astros como divinos.

Fundó la academia, una de las primeras instituciones académicas que se consideran como el antecedente de las universidades. En ella se impartía la enseñanza de las matemáticas, la astronomía y la música, se despreciaba el estudio de las ciencias naturales. La academia tuvo una duración de mil años, fue clausurada en el año 525 a de n.e.

²⁰ Ludovico Geymonat, *op. cit.*, p. 18.

ARISTOTELES:

Se le considera el filósofo más importante de la época y el que más aportaciones hizo a la ciencia.

Fue discípulo de Platón, fundador de otra institución académica muy importante: el Liceo. Nació en Estagira, en Tracia, en el año 384 a de n.e., fue influido en su juventud por la ciencia jónica, macedónica y la medicina, lo que explica las tendencias científicas de Aristóteles y su preocupación por estudiar la naturaleza.

Durante su adolescencia fue llevado a Atenas en donde vivió a lo largo de 20 años; realizó sus estudios en la Academia de Platón.

La escuela fundada por Aristóteles al separarse de la Academia, desarrolló una ciencia diferente. Aristóteles era macedonio, un tanto alejado del contexto griego y además le tocó vivir una época distinta, el fin de las ciudades-estado y el principio del imperio. Se ocupó lo mismo de la Lógica que de problemas psicológicos y éticos, y de la ciencia de la naturaleza, especialmente la física, la zoología y la botánica; de la historia y la literatura.

Se le considera el más grande de los enciclopedistas de su tiempo; supo reunir todo el saber de su época. Su interés por el estudio de los animales lo llevó a la utilización de la inducción en la ciencia, a diferencia de Platón al que sólo le interesaban los razonamientos deductivos. Pero este método no fue totalmente aplicado por Aristóteles, en realidad para él la inducción sólo era un medio para llegar a la deducción; en su escuela se dio una gran importancia a la observación. La ciencia se apoyaba en la definición y en la demostración. Aristóteles utilizaba la clasificación y generalización de los objetos sensibles llegando a la formulación de conceptos.

Para Aristóteles el conocimiento surgía de la observa-

ción y tan sólo podía obtenerse a partir de hipótesis o de hechos hipotéticos.

La observación para la escuela peripatética era una observación global, general de los fenómenos. El movimiento es un claro ejemplo de este aspecto. Aristóteles se basó en la observación para formular su concepto de movimiento; nunca se preocupó por analizar el fenómeno, por conocer sus partes, menos todavía se le ocurrió someter un cuerpo a diversas experiencias. Si veía un carro moverse lo atribuía a la fuerza de los caballos, partía de que un cuerpo estaba en reposo y que sólo una fuerza era capaz de producir el movimiento porque era lo que la observación le sugería. En el estudio de los animales fue más afortunada su aportación, pues se preocupó por el estudio de casos particulares.

Aristóteles estableció una diferencia entre axiomas y postulados. Los primeros eran comunes a todas las ciencias, los segundos se referían a una ciencia en particular. En la escuela de Aristóteles se crearon las bases de la geometría de Euclides.

La mayoría de los historiadores coinciden en que una de las aportaciones más geniales de Aristóteles a la ciencia, lo constituye su lógica formal a la que consideraba como el Organon universal para obtener el conocimiento. El silogismo creado por Aristóteles, que durante muchos siglos fue considerado como un modelo de razonamiento, aparentemente tiene carácter inductivo, pero su debilidad radica en la nula posibilidad de demostración.

El modelo del silogismo inductivo de Aristóteles es considerado como un mero planteamiento artificial, que no puede ser aplicado al conocimiento científico real. En realidad sólo se puede afirmar que la conclusión buscada (la premisa mayor del silogismo), obtenida por medio de la inducción enumerativa habitual, no libre de errores, que pueden ser descubiertas más adelante.²¹

²¹ Aróstegui, José Manuel et al., *op. cit.*, p. 42.

Aristóteles aplicó el silogismo sobre todo a la geometría y a las matemáticas, pues las ciencias experimentales exigen la demostración, y era aquí donde Aristóteles adquiría conciencia de que este método no garantizaba la verdad sustancial del conocimiento. Entonces recurría a las definiciones, postulados y axiomas.

Aun cuando Aristóteles estuvo influenciado por la ciencia de los jonios, su concepción se hizo idealista. Bernal dice que rompió definitivamente con la ciencia de los jonios cuando se negó a investigar el principio fundamental de la naturaleza, argumentando que éste siempre fue igual.²² No es extraño que pensara de esta manera; Aristóteles es un filósofo que defiende la sociedad esclavista, consideraba que una sociedad sin esclavos no podía existir.

El esclavo es la mejor forma de propiedad y el más perfeccionado de los instrumentos, dice Aristóteles. Aristóteles piensa que es por su naturaleza por lo que unos son libres y otros esclavos; según él todos los bárbaros son esclavos natos.²³

CIENCIAS DESARROLLADAS POR ARISTOTELES

Aristóteles consideraba la física indispensable para la comprensión del mundo, aunque el término físico para él significaba lo mismo que la naturaleza.

Escribió un tratado de Física en el que explicaba los principios de la existencia, materia, forma, movimiento y espacio; rescató la idea de Pitágoras relativa a los elementos de la naturaleza: fuego, aire, tierra y agua, que eran producidos por los principios opuestos: caliente y frío, húmedo y seco; y agregó un elemento más, el éter, que constituyeran el elemento de los cuerpos celestes.

Sostuvo la teoría geocéntrica que explicaba que la tierra era el centro del universo, su influencia durante los si-

²² John D. Bernal, *op. cit.*, p. 216.

²³ A. Dekonski, *op. cit.*, p. 197.

güentes siglos propició que la teoría heliocéntrica de Aristarco de Samos fuera rechazada.

Rechazó la teoría atomística de Demócrito, al no aceptar la idea del vacío.

Las aportaciones más importantes de Aristóteles a la ciencia se refieren a los estudios sobre la naturaleza: estudió la botánica, zoología, embriología, fisiología y física.

Definió la vida como el poder de autonutrición y de crecimiento independiente y de degeneración. Dividió la Zoología en tres partes: 1) Noticias sobre los animales, referentes a los fenómenos generales de la vida animal, es decir historia natural; 2) Partes de los animales, sus órganos y funciones, es decir Anatomía y fisiología general; 3) Generación y reproducción de los animales, y embriología. Menciona unos 500 animales diferentes, algunos con una precisión y unos detalles que demuestran su observación personal, y 50 en que ostenta unos conocimientos obtenidos por disección e ilustrados con diagramas.²⁴

INFLUENCIA DE LA OBRA DE ARISTOTELES

La influencia de Aristóteles se manifestó muchos siglos después de su existencia. Para los árabes del siglo X que se dedicaron a traducir su obra, fue un filósofo muy importante. Y en la Europa medieval hasta el siglo XV de n.e. en que científicos tan importantes como Copérnico y Leonardo da Vinci iniciaron una nueva etapa para la ciencia, que tuvo su primera culminación con Galileo.

Aun cuando Aristóteles fue el científico más productivo de su tiempo, finalmente también fue influenciado por las concepciones de su época, la separación entre la ciencia y la técnica negaba la experimentación, lo que hizo que muchos de los conocimientos aportados por los atenienses pronto fueran desechados.

La gran aportación de los filósofos atenienses fueron -

²⁴ sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 62.

las ciencias sociales, que les permitieron explicar o justificar las diferencias de clase.

La ciencia se quedó en el planteamiento de hipótesis, la mayor parte de ellas basadas en generalizaciones, éstas son necesarias en la ciencia a condición de que se lleven a la comprobación.

Gracias a la generalización, cada hecho observado nos permite prever otros en gran número; únicamente que no debemos olvidar que sólo el primero es cierto y que todos los otros son probables. Por sólidamente fundada que pueda parecernos una previsión, no estamos jamás absolutamente seguros de que la experiencia no la desmentirá, si nos proponemos verificarla. Pero la probabilidad es a menudo bastante grande para que prácticamente podamos contentarnos con ella. Vale más prever sin completa certeza que no prever nada.²⁵

Precisamente en esto radica la grandeza de los griegos; en el camino de la ciencia supieron dar los primeros pasos, salir de un conocimiento práctico basado en la observación y construir una ciencia racional, capaz de generalizar los hechos observados. Será en la siguiente etapa, en la helenística, cuando los científicos como Arquímedes no se conformen con el planteamiento de hipótesis sino que utilizando el método experimental las lleven a la comprobación.

4. ETAPA HELENISTICA

4.1. CARACTERÍSTICAS

La campaña oriental de Alejandro inicia la época llamada helenística, cuya duración se extiende tres siglos después de su muerte, hasta la conquista del Asia Menor y Egipto por los romanos. Esta campaña que culminó con la fundación de un imperio que existió durante tres siglos, produjo cambios en las relaciones sociales y políticas del sistema esclavista.

²⁵ Henri Poincaré. *Filosofía de la Ciencia*, México, UNAM, 1978, p. 4.

En el territorio del imperio de Alejandro se crearon - grandes estados independientes, en los que se manifestaba una curiosa mezcla entre la cultura oriental y la griega.

Un fenómeno importante se presentó en algunos estados - helenísticos en los que la vida material tuvo gran desarrollo; la ciencia cambió de ruta y se relacionó con la técnica, quizá en parte como resultado de la relación entre la cultura - griega y la oriental.

En el año 322 a de n.e., Alejandro fundó en Egipto una ciudad llamada Alejandría, que fue la ciudad que sustituyó a Atenas en el desarrollo del arte y de la ciencia. La importancia económica de Alejandría se manifestaba en sus dos puetos; en uno de ellos se construyó el foro considerado una de las maravillas de la antigüedad. Sus habitantes provenían de muchos países, se encontraban en ella greco-macedonios, egipcios, persas, sirios, árabes, judíos, etcétera.

Los monarcas gozaban de todos los privilegios, gobernaban con ayuda de funcionarios macedonios y griegos. Eran sotenidos por el ejército compuesto de mercenarios greco-macedonios, a quienes se colmaba de favores. Los sacerdotes pertenecían a la clase privilegiada. Los agricultores formaban la capa más grande de la población a quienes se sometía a un -- constante régimen de explotación, y los esclavos quienes realizaban trabajo en la agricultura y la industria.

Las capas superiores de la población eran las únicas - que se favorecían de los adelantos técnicos y científicos; -- los campesinos seguían utilizando las técnicas antiguas.

El Egipto helénico alcanzó su mayor florecimiento - con Tolomeo III, en la segunda mitad del siglo III a de n.e., cuando contaba entre sus vasallos a Fenicia, Palestina, los territorios situados junto a la costa meridional de Asia Menor y otras tierras, siendo entonces la primera potencia del mediterráneo.²⁶

²⁶ P. Oliva et al., *op. cit.*, p. 147.

La extensión del imperio hacia otras zonas favoreció enormemente el comercio marítimo, sobre todo de artículos como el trigo; esto produjo nuevas técnicas en la agricultura y en la manufactura. El estado permanente de guerra en que se encontraban los imperios obligó al mejoramiento de las técnicas y a la demanda de nuevas máquinas.

Los gobernantes macedonios de los estados helenísticos, a diferencia de los romanos que los suplantaron después, fueron formados en el aura del prestigio de la sabiduría griega; y no sólo permitían el cultivo del conocimiento, sino que lo fomentaban en todas sus ramas, y fue la ciencia, más bien que la literatura o la filosofía, la principal beneficiaria.²⁷

Las necesidades propias de la época, la mezcla de las culturas oriental y griega, el desarrollo del comercio que obligó a desarrollar las técnicas y a unir las con la ciencia, unida a la necesidad de desarrollar una industria de la guerra, generaron en la etapa helenística la ciencia más productiva de la época clásica.

Se fundó el museo de Alejandría, primera institución dedicada a la investigación científica subvencionada por el Estado, y la biblioteca.

Las dos instituciones que convirtieron la ciudad de Alejandría en la cuna de la cultura fueron, en un mismo nivel de importancia, el museo y la biblioteca. El museo de Alejandría superó el significado etimológico del vocablo, que hasta entonces designaba un templo dedicado a las musas y se convirtió en un auténtico centro de estudio y de investigación.²⁸

Entre los científicos que colaboraron en el museo y aportaron más a la ciencia durante el primer siglo de su existencia se encuentran Euclides, Eratóstenes de Cirene y Apolonio de Pérgamo. Arquímedes aunque vivía en Siracusa también acudía al museo. Las matemáticas, la mecánica y la astronomía fueron las ciencias más desarrolladas.

²⁷ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 229.

²⁸ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 136.

La biblioteca de Alejandría fue la más grande de su tiempo, reunió en sus salas la ciencia de su época y de etapas anteriores en 400 000 volúmenes o rollos; constituía el mejor centro de información y de investigación, no se sabe con exactitud quién fue su fundador. Cid supone que fue Demetrio de Falero.²⁹ Pero lo más importante es que la existencia de la biblioteca y del museo son testimonios de una época grandiosa para la ciencia y la cultura.

Se produce un cambio en el método. Los sistemas filosóficos generales y los tratados enciclopédicos van cediendo el paso a una mayor especialización, en sentido moderno. Se aíslan ciertos problemas concretos y definidos, bien delimitados, de otras cuestiones generales y se les aborda por separado; se nota un verdadero progreso en los conocimientos naturales.³⁰

De este nuevo rumbo de la ciencia originado por las condiciones de la época surge un nuevo objeto de estudio, la mecánica, las matemáticas y la astronomía.

4.2. FILOSOFOS PRINCIPALES

En el primer período alejandrino comprendido entre el año 300 al 200 a de n.e. se destaca fundamentalmente la obra de Euclides.

EUCLIDES:

La obra de Euclides supone el equilibrio de unas proposiciones que, encaminadas de un modo lógico, constituyen el punto de partida de la geometría.³¹

Euclides logró reunir gran parte de los conocimientos matemáticos en una estructura única de deducción por medio de axiomas.

Refleja en su obra la influencia de su época, el contexto científico y metodológico. A diferencia de Platón, respe-

²⁹ *Ibidem*, p. 173.

³⁰ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 69.

³¹ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 140.

ta el origen empírico de la geometría y logra transitar de la inducción al examinar los modelos geométricos individuales, a la deducción, en la generalización de las clases correspondientes de estos modelos. Su preocupación por la demostración lo compara con Arquímedes, aunque éste lo haya hecho en base a demostraciones mentales.

ASTRONOMIA:

En astronomía quien merece una mención especial es Aristarco de Samos que vivió en el siglo III a de n.e., construyó por primera vez la teoría heliocéntrica. Colocó al sol en el centro del universo en lugar de la tierra y supuso la rotación diaria de la tierra alrededor de su eje y la rotación anual de la tierra alrededor del sol.

Se adelantó 18 siglos a su época, pues sería hasta el siglo XV de n.e. que Copérnico elaboraría una teoría heliocéntrica que hasta entonces contaría con un contexto de desarrollo científico adecuado para su demostración.

Desgraciadamente su concepción fue rechazada por Hiparco, al que se le consideraba el más grande de los astrónomos en la antigüedad.

ARQUIMEDES:

Nació en el año 287 a de n.e. y murió en el año 212 a de n.e. Su vida coincide con la etapa más importante para la ciencia, en el período alejandrino. Nació en Siracusa y tuvo relación con los científicos que trabajaban en el museo y la biblioteca de Alejandría.

Se considera el científico más grande de su tiempo, su grandeza, que lo ha hecho perdurar hasta nuestro siglo, se basa principalmente en el método que utilizó para la ciencia. Además de utilizar la generalización como muchos de sus contemporáneos, utiliza la inducción, estableció una relación entre la deducción e inducción que se manifiesta en el uso que hizo de la experimentación.

Arquímedes fue más allá de la elaboración de hipótesis, al utilizar modelos matemáticos y además comprobarlos en la experimentación.

Fue uno de los pocos científicos relacionados con la técnica. Su teoría de las palancas es un ejemplo claro de este proceso, aunque éstas fueron inventadas muchos años antes, Arquímedes estructuró el razonamiento matemático y la explicación teórica de sus principios.

El estudio de los cuerpos flotantes se considera como el primer intento para determinar el peso específico. En su octavo escrito llamado De los Cuerpos Flotantes, al que se le considera como un tratado de hidrostática expone su principio (PRINCIPIO DE ARQUIMEDES).

Vale la pena detenerse a explicar con detalle, el origen y el desarrollo de este principio, pues es un ejemplo muy claro del método utilizado por Arquímedes.

Se cuenta que el rey Hierón llamó a Arquímedes y le encomendó la tarea de investigar si sus aurífices habían utilizado el oro que les entregó para hacer su corona, o habían utilizado una aleación con plata. Arquímedes, preocupado por este problema, observó al sumergirse en una tina que su cuerpo desplazaba cierto volumen, seguramente repitió la experiencia varias veces y lo hizo posteriormente con varios materiales; de sus experiencias dedujo que en igualdad de peso la aleación menos densa desalojaría mayor cantidad de agua que el oro que es más pesado.

Hipótesis de Arquímedes. Si dos cuerpos son igualmente pesados, entonces tienen la misma masa a la misma altura sobre el nivel del mar

$m =$ masa $\rho =$ densidad

$mg =$ peso

$m = \rho V$

$m_1 = \rho_1 V_1$

$m_2 = \rho_2 V_2$

pero $m_1 = \rho_1 V_1 = m_2 = \rho_2 V_2$

Por lo tanto $\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$

Si $\rho_1 < \rho_2$ Para que se dé la igualdad V_1 debe ser mayor que V_2 $V_1 > V_2$

Pero como todo cuerpo sumergido en un fluido desaloja - su propio volumen, entonces el volumen que desaloja el de menor densidad es mayor.

Del modelo matemático planteado diseñó un experimento, utilizó un trozo de oro que tenía el mismo peso del que el rey había entregado a los aurífices, lo sumergió en el agua, sumergió también la corona y comprobó que había diferencia en el volumen desplazado.

Basado en su experiencia formuló el principio de Arquímedes: TODO CUERPO SUMERGIDO EN UN FLUIDO DESALOJA UN VOLUMEN IGUAL AL VOLUMEN DEL LIQUIDO DESPLAZADO. RECIBE ADEMÁS UNA FUERZA DE EMPUJE IGUAL Y EN SENTIDO CONTRARIO.

Arquímedes no se conformó con la observación global de los fenómenos, para elaborar su principio, lo analizó y reprodujo cuantas veces fue necesario utilizando la experimentación. Su método de investigación lo hizo trascender hasta nuestros días.

Arquímedes incorpora la inducción, continuando la tradición del método deductivo y axiomático de sus antecesores. Es un pensador genial al utilizar la inducción y la deducción, lo cual hace de una manera armónica y consecuente. No se queda en el terreno del puro "experimento mental" de los axiomas evidentes de la geometría de Euclides, sino que va más allá dándole a la demostración de los axiomas nuevos elementos de verificación. Estos nuevos elementos de verificación están en el experimento real, en el mundo físico.³²

El método utilizado por Arquímedes no se generalizó en la ciencia alejandrina, algunos autores plantean que era una forma individual de trabajo, incluso científicos de su época,

³² Aróstegui, José Manuel, et al., *op. cit.*, pp. 53 y 54.

lo criticaron por realizar trabajo manual. El mismo curso - que sigue la sociedad, la ciencia, la economía esconden la va lidez de la obra de Arquímedes. Serán los científicos del re nacimiento los que rescatarán sus escritos.

El método experimental de acudir a los ejemplos par ticulares para comprobar la generalidad de los prin cipios, los avances e introducción de nuevas técni cas y métodos en la matemática, la fundamentación - de la mecánica en forma de principios generales to- mados de la experiencia, son el legado concreto de una forma de pensar que será abandonada después du- rante muchos siglos. El grito Eureka no volverá a ser oído hasta que la ciencia no retome los caminos del pensar arquimedeano en el renacimiento.³³

5. EL IMPERIO ROMANO

A partir del siglo II a de n.e. se empezó a manifestar fuertemente en la sociedad esclavista una crisis económica - producto de la explotación bárbara de la población, del des- gaste económico de las guerras, crisis del comercio, de la ca rrencia total de alternativas para los esclavos que eran pro- ductores de la época, los que sostenían a las otras capas de la población. Estas condiciones hicieron a las ciudades-esta do griegas y a las del imperio helenístico, terreno propicio para la invasión y la conquista realizada por Italia.

En 130 años los romanos se hicieron amos del medite- rráneo, echando las bases de su poderío mundial. Los estados y los pueblos que habían permanecido in dependentes cayeron en los años inmediatamente pos teriores.³⁴

Poco a poco fueron cayendo las ciudades-estado griegas, Cartago, Esparta, Eolia, Boecia y el imperio romano fundaba una civilización que no pudo ocultar la grandeza de la cultu- ra griega. En realidad ésta conquistó a Roma.

³³ *Ibidem.*, p. 58.

³⁴ S..I. Kovaliov. *Historia de Roma*. La Habana, Cuba, Ed. Re- volucionaria, Instituto del Libro, 1968, p. 130.

Los romanos se distinguieron sobre todo por el desarrollo de la arquitectura, los acueductos, anfiteatros, basílicas. Su mayor contribución a la ciencia la hicieron en la creación de sistemas de legislación: el Derecho Romano.

En esta época merece un lugar especial Claudio Galeno - 130-120 de n.e.; médico, anatomista y fisiólogo, filósofo y biólogo. Se destacó principalmente en el campo de la medicina; sus concepciones reflejan una influencia idealista de Platón y teleológica de Aristóteles. Consideraba que el cuerpo humano estaba dirigido por tres órganos: el hígado, el corazón y el cerebro (influencia de Platón); como seguidor de Aristóteles consideraba al organismo como una máquina perfecta que había sido creada para una finalidad suprema.

Sus métodos de investigación, sin embargo, son materialistas, utilizó la disección de cadáveres y la vivisección de algunos organismos animales. Expuso una clasificación de los huesos y sus articulaciones, describió diferentes zonas del cerebro.

Su influencia perduró durante toda la edad media, el renacimiento y parte del siglo XVII, Vesalio y Harvey fueron los científicos que demostraron los errores de Galeno, uno en el campo de la Anatomía y otro en el de la Fisiología, pero esto ocurrió hasta el siglo XVII.

El imperio romano sobrevivió hasta el siglo V, a pesar de la crisis económica permanente que lo caracteriza. Desde el siglo II de n.e. hasta el V se fue desarrollando la descomposición y decadencia del régimen esclavista.

6. CONCLUSIONES

El conocimiento acumulado por las culturas neolíticas requería organización y clasificación para iniciar el proceso de racionalización del mismo; los griegos hicieron suya esta tarea y se convirtieron en precursores de la ciencia.

Su ciencia tiene notables diferencias con la ciencia moderna, es una ciencia global, no diferenciada, que está estrechamente ligada con la filosofía. La química y la física estaban unidas y la biología sólo era una mera colección de datos.

Para los griegos la naturaleza fue un todo, utilizaron la observación pero de manera superficial; su concepto de los fenómenos es un concepto muy general. Cuando observaban un fenómeno no se preocupaban por descomponerlo en sus partes, - por desbaratarlo, por analizarlo; más que observación era una contemplación.

Consecuentemente formularon el método deductivo como - vía para estudiar la naturaleza, pero obviamente sus deducciones en el mayor de los casos estaban totalmente alejadas de - la realidad, pues no partían de ella. ¿Cómo formular un concepto general, si no se han conocido sus partes? ¿Cómo llegar a la síntesis si no se ha hecho un análisis?

En el proceso del conocimiento se quedaron en el planteamiento de hipótesis; fue hasta la etapa helenística o alejandrina que la ciencia pasó de la formulación de hipótesis a su comprobación por medio de los experimentos y se separó de la filosofía. La ciencia inició su diferenciación en campos científicos: matemáticas, mecánica y astronomía, pero desgraciadamente esta diferenciación no continuó en las etapas siguientes; fue hasta fines de la edad media que se separaron - totalmente.

IV. EDAD MEDIA

1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONOMICAS

La edad media tiene su inicio aproximadamente en el siglo V de n.e., representa un estado económico nuevo que dejó atrás al período esclavista; su estructura social también está formada por diferentes clases; tiene su base económica en la tierra. Por sus características se ha dividido en Baja Edad Media que abarca del siglo V al X y en Alta Edad Media, que inicia en el siglo XI y concluye en el siglo XIV.

Es un período muy contradictorio; representa una de las etapas más oscuras del pensamiento científico, más represiva y más difícil para la sociedad, pero también representa la antesala del Renacimiento del mundo occidental, un renacimiento que abarcó todas las manifestaciones humanas, sociales, culturales, políticas, artísticas y económicas.

Para entender estas dos caras tan diferentes, necesitamos hacer un análisis de los acontecimientos transcurridos entre los siglos III y V de n.e., que dieron como resultado una época nueva en la historia del hombre, la llamada Época Feudal con un sistema económico distinto al sistema esclavista, pero que tiene sus raíces en éste.

El imperio romano, como ya se mencionó anteriormente, surgió alrededor del siglo II a de n.e. y se prolongó hasta el V de n.e. Su decadencia manifiesta en el sistema esclavista se remonta a la etapa helenística; aunque los romanos forjaron un imperio, lo hicieron sobre una sociedad gastada, en declive, que para contrarrestar los problemas propios de esta decadencia se aferraban a diferentes formas religiosas. El cristianismo durante muchos siglos fue la bandera de las clases pobres; su influencia creció tanto que posteriormente también fue acogida por otras capas de la población. Fenómeno -

social que se desarrolló paralelamente al proceso económico. Los esclavos carentes totalmente de alternativas, ajenos siempre al producto de su trabajo, se mostraban incapaces de incrementar la producción, constituían la capa de la población más importante en la realización de las labores agrícolas, industriales y mineras, y con el fruto de su esfuerzo vivían el resto de la población, a excepción de los artesanos pobres.

Las condiciones económicas tendían a hacerse más difíciles, pues el incremento en la producción dependía del aumento de esclavos, y ésta ya no era una etapa de conquista. Los impuestos subieron radicalmente, los ricos se retiraban de las ciudades a vivir en sus villas; los esclavos que tenían en el cristianismo la esperanza de una mejor vida cuando murieran, también encontraban en el cristianismo la fuerza para rebelarse ante las condiciones existentes.

Algunos ricos preferían dejar libres a los esclavos y rentarles la tierra para alentarlos a aumentar la producción. Todos estos factores se conjugaron de tal forma que alrededor de las villas se empezó a desarrollar la sociedad.

La división de la sociedad, la persecución de los cristianos, las invasiones de los bárbaros, hacían cada vez más difícil la sobrevivencia. Cuando los gobernantes comprendieron que el cristianismo se convertía en una fuerza muy grande decidieron utilizarla y cambiar las reglas del juego.

Constantino fue el emperador que manifestó tolerancia hacia los cristianos; las persecuciones que había realizado Diocleciano tuvieron como efecto que aumentara el número de cristianos, por lo que Constantino, temiendo una ruptura total en el imperio, buscó la unidad en la aceptación de esta religión.

Posteriormente Teodosio fue más radical

El emperador Teodosio había de volver a la política religiosa de Diocleciano invirtiendo sus términos y

estableció el cristianismo como religión única iniciando la persecución de los que empezaron por entonces a llamarse paganos.¹

La crisis general dio lugar a una marcada modificación en la composición social y étnica del imperio; las poblaciones germanas comenzaron a introducirse dentro de las fronteras y sus representantes a ocupar cargos importantes en la vida económica, social y política.

Esta intromisión facilitó las invasiones de los bárbaros e introdujo nuevos elementos en la cultura.

Para el año 423, el imperio estaba totalmente dividido, la idea de la unidad romana fue rescatada en lo posible por la iglesia, que se empeñaba en conservar las características del imperio romano.

La iglesia cristiana se esforzó por conservarlas, y asumió el papel de representante legítimo de una tradición que ahora amaba, a pesar de que antes la había condenado. De ese amor y de las turbias y complejas influencias de las nuevas minorías dominantes, salió esa imagen del mundo que caracterizaría a la temprana Edad Media, continuación legítima y directa del bajo imperio.²

Así se inició un nuevo período en la humanidad en el que la iglesia tendría un papel preponderante. Durante casi 10 siglos la iglesia fue la rectora de la economía, la política, la ciencia y la cultura.

La vida económica se desarrolló alrededor del feudo o villa, la tierra pasó a ser la base económica de esta época. La actividad comercial que se mantuvo en el mediterráneo durante dos siglos más, desapareció totalmente alrededor del siglo VII, debido a la irrupción del Islam. Ciudades cuya vida anterior giraba en torno al comercio, subsistieron sólo por las actividades de la iglesia.

¹ J.L. Romero. *La Edad Media*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971, p. 12.

² *Ibidem*, p. 18.

Es absolutamente evidente que, a partir del siglo - VIII, la Europa Occidental volvió al estado de ree-- gión exclusivamente agrícola. La tierra fue la úni-- ca fuente de subsistencia y la única condición de -- la riqueza. Todas las clases de la población, des-- de el emperador, que no tenía más rentas que las de sus tierras, hasta el más humilde de los siervos, -- vivían directa o indirectamente de los productos -- del suelo, ya que éstos fueron fruto de su trabajo, o que se concretaran a percibirlos o a consumirlos. Los bienes muebles ya no tenían uso económico algu-- no. Toda la existencia social se funda en la pro-- piedad o en la posesión de la tierra.³

Cada quien vivía de sus propias tierras, el feudo era -- una sociedad de autoconsumo, el comercio se redujo al mínimo, esporádicamente se establecía algún tipo de comercio o true-- que; cuando por las condiciones climáticas se perdían las co-- sechas, entonces se recurría a propietarios más afortunados; fuera de este tipo de comercio, los siervos producían todo lo necesario. Estas condiciones limitaron la comunicación y pro-- piciaron el aislamiento.

1.1. CLASES SOCIALES

El nuevo sistema económico produjo también diferentes -- clases sociales; el esclavo fue sustituido por el siervo, que aunque también explotado gozaba de mejores condiciones. Sería esta clase la que se encargaría del trabajo de la tierra, los siervos eran agricultores además de artesanos.

La organización social de la época feudal muestra una -- estructura piramidal en la que la iglesia tiene el mayor po-- der, que mantuvo a lo largo de muchos siglos. El emperador, que se suponía el de mayor jerarquía, en muchas ocasiones do-- bló la cabeza ante la iglesia, pues ésta representaba mayor -- poder político y económico. La iglesia se fue haciendo de la -- tífundios que le conferían poder económico.

³ Henri Pirenne. *Historia económica y social de la Edad Media*, México, Fondo de Cultura Económica, 1970, pp. 12 y 13.

Junto al emperador estaban los señores feudales que administraban los feudos, los que dividían en villas en las que trabajaban las familias de los siervos.

El feudo era concedido a un noble por el rey o por otro noble de mayor poder para que se beneficiara con sus rentas y, al mismo tiempo, para que lo administrara, gobernara y defendiera. Ese noble, el señor del feudo, estaba unido al rey o al noble de quien recibiera la tierra o a ambos por un doble vínculo: el del "beneficio" que lo obliga a reconocer el vasallaje por el que se comprometía a mantener la fe jurada con su señor, obligándose a combatir a su lado y a prestarle toda suerte de ayuda.⁴

Al siervo le era prestada una pequeña porción de tierra que cultivaba para su propio consumo. Esta tierra solamente era trabajada siempre y cuando hubiera terminado las labores de la villa, de la propiedad del señor feudal; y dependía del favor de sus amos para organizar una familia.

Las condiciones de feudo, que funcionaba como sociedad de autoconsumo, redujeron enormemente las posibilidades de desarrollar la ciencia, el aislamiento, la desaparición del comercio y sobre todo la actitud de la iglesia crearon las condiciones para esta etapa llamada Edad del oscurantismo, en la que la ciencia se redujo exclusivamente a justificar la explicación religiosa.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA CIENCIA OCCIDENTAL DESDE EL SIGLO V AL XII

Este primer período que podemos llamar la baja Edad Media se caracteriza por presentar un retroceso brutal en la ciencia y un cambio radical en el objeto de estudio. Los científicos de la época, si es que así se les puede llamar, se preocuparon enormemente por buscar entre la filosofía de los clásicos, la justificación de la religión cristiana, quedaron

⁴ J.L. Romero, *op. cit.*, p. 48.

muy atrás las aportaciones prácticas de los romanos, más lejos aún la ciencia helenística y de la época clásica, fundamentalmente se rescató la filosofía de Platón, por ser ésta la más idónea a la religión cristiana.

El triunfo del cristianismo significó efectivamente que a partir del siglo IV en el Occidente y hasta el ascenso del islamismo en el Oriente, toda la vida intelectual, incluyendo la ciencia se vino a expresar en función de los dogmas cristianos y, con el transcurso del tiempo, acabó por quedar limitado a los eclesiásticos.⁵

Los religiosos fueron incorporando poco a poco los dogmas cristianos a la filosofía antigua. Quien lo logró de la mejor manera fue San Agustín.

San Agustín (354-430) principal canal a través del cual pasaron las tradiciones del pensamiento griego a la cultura de la cristiandad latina, estaba profundamente influida por Platón y por neoplatónicos como Plotino (203-270). El propósito principal de San Agustín era encontrar alguna base del conocimiento y la halló en la concepción de las ideas eternas, expuestas por los neoplatónicos y por Platón mismo, en esa alegoría pitagórica que es el Timeo. Según esta escuela, las formas o ideas eternas existían separadas de cualquier objeto material. La humana era una de estas esencias eternas y había sido formada para conocer las otras si ese era su propósito.⁶

En general la cultura de la época feudal en estos siglos se limitó al saber teológico, la antigua preocupación por conocer la naturaleza, fue olvidada; al principio hasta la filosofía era despreciada, pues argumentaban los clérigos que los alejaba de Dios. El interés primordial radicaba en la búsqueda de símbolos vivientes de las realidades morales.

La luna era la imagen de la iglesia que reflejaba - la luz divina; el viento, una imagen del espíritu; el zafiro tenía semejanza con la contemplación divi

⁵ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 48.

⁶ A.C. Crombie. *Historia de la ciencia de San Agustín a Galileo* / 1 Madrid, España, 1974, pp. 27 y 28.

na; y el número once, que transgredía al diez representante de los mandamientos, era imagen del pecado.⁷

El programa de estudios se basaba en la obra de los enciclopedistas; sólo se estudiaban las llamadas siete artes liberales. La Gramática, Lógica, y la Retórica que constituyen el TRIVIUM. La Geometría, la Aritmética, la Astronomía y la Música, integraban la fase más avanzada del QUADRIVIUM. Los textos utilizados eran los de Plinio, Boecio, Casiodoro e Isidoro.

En este contexto vivió la última de las matemáticas -- griegas, llamada Hipatia que por conservar los rasgos de la ciencia griega fue cruelmente asesinada.

Uno de los últimos matemáticos griegos fue una mujer, Hipatia. Como sus colegas masculinos de Alejandría, el talento de Hipatia fue más bien crítico y comentador que creador. Su muerte simboliza el fin de la ciencia y de las matemáticas paganas y el comienzo de una era de fe. En 415 eran más urgentes las buenas obras que la Geometría y la Aritmética. Las hordas procedentes del norte necesitaban ser civilizados y convertirlos en una religión más suave.⁸

Cómo no desaparecer los restos de la cultura griega, si aun cuando hubo diferentes matices la cultura griega se caracterizó por el estudio de la naturaleza, de la sociedad y en su última etapa de la astronomía, la mecánica y las matemáticas, los clérigos vivían más preocupados por difundir la doctrina cristiana que por estudiar las ciencias, cualquier manifestación en contra de este objetivo era duramente perseguida y reprimida.

Bajo este principio fueron desapareciendo las escuelas paganas y la iglesia se apresuró a formar escuelas que responden a sus objetivos. Se crearon dos tipos de escuelas, las

⁷ *Ibidem*, p. 29.

⁸ E.T. Bell. *Historia de las Matemáticas*, México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 1949, p. 95.

que formaban a los clérigos, en donde se impartían las enseñanzas del TRIVIUM y QUADRIVIUM y las llamadas escuelas monásticas a las que podían acudir las clases pobres; en estas últimas no se enseñaba la lectura y escritura, al contrario, se procuraba mantener el analfabetismo, se impartía nada más la enseñanza del catecismo. Si alguna persona del pueblo manifestaba interés por el estudio tenía que ingresar a la carrera eclesiástica en donde también pesaba la jerarquía de clases.

La medicina, ciencia netamente experimental, fue la única de las ciencias que paradójicamente rescataron los padres de la iglesia; esto se debe a que la vida de los monasterios exigía el cuidado de los enfermos como un deber cristiano.

Al principio la medicina monástica fue una mezcla de magia y de un leve tinte de ciencia antigua. En el siglo VI empezaron los benedictinos a estudiar algunos compendios de las obras de Hipócrates y Galeno, y gradualmente fueron difundiendo el conocimiento de estos escritos por el Oeste.

El primer nuevo centro secular aparece en las escuelas de Salerno, una ciudad situada al sur de Nápoles, en la Bahía de Pestum. De aquí salieron muchas compilaciones basadas en los escritos de Hipócrates y Galeno.⁹

Fuera de la medicina, las demás ciencias continuaron en un nivel muy elemental. Estas características de la ciencia perduraron hasta el siglo X aproximadamente, y se apoyaron fundamentalmente en la obra de Boecio.

La matemática y la Lógica del Occidente latino reposaban sobre la obra de Boecio en el siglo VI, quien realizó en este campo lo que Plinio hizo con la Historia Natural. Boecio además de recopilar tratados elementales sobre Geometría, Aritmética, Astronomía y Música, basados en la obra de Euclides, Nicómaco y Ptolomeo, tradujo las obras lógicas de Aristóteles al latín.¹⁰

⁹ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 99.

¹⁰ A.C. Crombie, *op. cit.*, pp. 25 y 26.

Fue hasta el siglo XI con la influencia de los árabes y el cambio en la economía, que se crearon en la sociedad nuevas condiciones económicas y técnicas que repercutieron de manera definitiva en la ciencia.

Esta etapa de estancamiento que hemos mencionado sólo se presentó en Europa, en Oriente ocurrió un fenómeno totalmente distinto, gracias a los árabes la ciencia no sólo permaneció, sino que se enriqueció y fueron éstos los que posteriormente trajeron esa riqueza científica a la Europa Medieval.

3. LA CIENCIA ISLÁMICA

El imperio romano, que quedó desarticulado y posteriormente aniquilado durante el siglo V en Europa, no manifestó el mismo proceso en Oriente, en esa zona sobrevivió la cultura y las características del imperio.

Los árabes que aparentemente vivieron marginados durante el imperio, se establecieron muchos siglos antes en Arabia; la mayor parte de la población la constituían los nómadas, pero había también una población agrícola en las partes más favorecidas del territorio.

En ciertas zonas existían formas de sociedad muy evolucionadas. En otras existían repúblicas aristocráticas rudimentarias formadas por mercaderes ambulantes; cabe recordar que por siglos el comercio fue la actividad principal de los árabes, los que en repetidas ocasiones disputaban las rutas comerciales con los bizantinos. Debido a estos enfrentamientos los árabes se vieron invadidos en su territorio por persas, cristianos y judíos, propiciando grandes migraciones.

La relación con otras culturas sensibilizó a los árabes para la aceptación de nuevas ideas y condicionó la búsqueda de una religión más elevada, por una concepción superior de la divinidad, como un rechazo también a las religiones expuestas durante el imperio romano.

En este contexto nació Mahoma.

Mahoma nació en la Meca en el año 570, perteneció a la tribu Qurays, pero a una rama en decadencia; se cuenta que alrededor de los 40 años planteó que había recibido el llamado de Alá. Hacia el año 613 empezó a predicar con frases emotivas sobre el pensamiento divino. Pronto fue seguido por algunos parientes y amigos, y aunque encontró grupos muy numerosos en su contra, la necesidad de unidad, los problemas sociales y las condiciones económicas propiciaron la aceptación de sus ideas.

A Mahoma se le planteaba el problema de, sin olvidar su mensaje religioso, hacer que sus compañeros de emigración (los muhayirun) viviesen en buena armonía con sus nuevos aliados de Yatrib.

El problema de proveer a la vida material de esta sociedad, de soldarla moralmente en el combate y de resistir a los quraysies a los que inquietaba la -- constitución del núcleo hostil medinense, a la espera de poder integrarlos en el nuevo Estado.¹¹

Alrededor del 630 Mahoma logró su objetivo: los quraysies se sometieron, no hubo represalias, y su filosofía se extendió por toda Arabia.

A su muerte en el año 632, había ocurrido algo definitivo para el futuro del Islam; los pueblos árabes se habían unido bajo el manto de una religión, sus aliados más importantes se organizaron de tal forma que aseguraron la sobrevivencia de esta religión y el poderío de los árabes.

Quizá el gran acierto de Mahoma fue interesarse en problemas sociales y no, como otras religiones, considerar sólo el aspecto moral.

Pero lo esencial es que, por primera vez en la historia de Arabia, un solo hombre hiciera admitir su autoridad a la casi totalidad de sus habitantes. Es -

¹¹ Claude Cahen. *El Islam. Desde los orígenes hasta el comienzo del Imperio Otomano*, México, D.F., Ed. Siglo XXI, 1982, p. 9.

esencial también por contraste con la historia cristiana, en que Jesús venido durante el imperio romano, predicó una fe que "da al César lo que es del César", que Mahoma, en el seno de una sociedad ignorante de todo Estado, creara de forma indisoluble una religión y un Estado.¹²

En pocos siglos los árabes constituyeron un imperio que abarcaba a los persas, sirios, indios, iraquíes, etc.; su fuerza en todo momento se mantuvo por su posición geográfica más que por sus armas y tácticas de lucha. Construyeron un imperio que conjugó lo mejor de las culturas que lo formaron.

Los árabes aportaron a esta unión el sentido elevado de la misión; los persas, su cultura y sentido de la historia; los siríacos cristianos, su versatilidad lingüística; los de Harrán su herencia helénica, y los hindúes su antiguo saber.¹³

Los mismos califas se preocuparon por desarrollar la ciencia; el bienestar económico permitió el interés generalizado por la cultura y el conocimiento.

Reinaba de manera general un clima intelectual, se organizaban reuniones literarias y filosóficas en las casas de mecenas ricos y de hombres cultos. Las familias ricas generalmente destinaban cantidades importantes a las traducciones y al estudio de la medicina.

Harun al - Rashid, gobernante del siglo VIII, fundó la biblioteca llamada Khazanat al - Hikma (La Alacena del Saber). Se fomentó el interés por el estudio de la lengua y gramática árabes, se recolectó toda la poesía preislámica, y poco a poco se fueron construyendo bibliotecas públicas y privadas.

El ejemplo de los califas fue seguido por las familias ricas, muchas de ellas se convirtieron en Mecenas; una de éstas fue la familia Munajjim (astrónomo) que se interesó por desarrollar la astronomía y fue la protectora más famosa en Bagdad de la literatura.

¹² *Ibidem*, p. 12.

¹³ S. F. Afnan. *El pensamiento de Avicena*, México, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1965, p. 9.

3.1. FUENTES DE LA FILOSOFIA ISLAMICA

Los árabes se abocaron en toda su época de florecimiento a la traducción de los textos griegos.

No hay que ir muy lejos para dar con las fuentes de la filosofía islámica, aunque sean, sin embargo muchas y complejas. La fuente principal viene de la Grecia clásica, y se presenta entremezclada con una corriente enérgica del pensamiento religioso musulmán asociada con los mutakallemun y los mutazilíes. A éstas se añadieron porciones diferentes de ideas estoicas, neoplatónicas, gnósticas, maniqueas, heréticas y otras derivadas de las diversas escuelas que florecieron en los últimos tiempos del período helenístico.¹⁴

Desde luego los árabes no se dedicaron nada más a traducir e interpretar los textos de filosofía griegos, lo que de por sí hubiera sido una gran empresa; sino que hicieron aportaciones y le dieron características propias que enriquecieron el gran acervo de la cultura clásica.

En líneas generales la importancia histórica de la ciencia "árabe" consiste en haber recogido la herencia antigua de forma que permitirá que el Occidente a su vez la recoja. Sería injusto, sin embargo, reducir la a un simple papel de intermediario pasivo. Nunca quizás hubo un tal entusiasmo intelectual. Nunca la difusión de informaciones accesibles había sido tan amplia, puesto que a la ciencia griega se añadían las aportaciones de las otras civilizaciones orientales, y el conjunto se vertía a una lengua única.¹⁵

La ciencia griega llegó a Bagdad por caminos diferentes, la filosofía de Atenas que había sido llevada y establecida en Alejandría, pasó a los árabes cuando éstos conquistaron Egipto. La vía principal del saber griego llegó a los árabes de las comunidades cristianas de Siria y del norte de Iraq. Otra vía fue la escuela médico-filosófica de Gundishapur en el sur de Persia.

¹⁴ *Ibidem*, pp. 14 y 15.

¹⁵ Claude Cahen, *op. cit.*, p. 262.

La ciudad a la que confluan toda esta riqueza científíca fue Bagdad, los trabajos científicos, médicos, filosóficos eran mucho más apreciados que los de literatura y poesia.

Se realizaron gran cantidad de traducciones, uno de los traductores fue Hunain, m. (873), a partir de él se dividen - las escuelas de traductores en pre-Hunain, Hunain y la post-Hunain, las actividades que se realizaban eran diversas, traducciones del griego al siríaco, del griego al árabe, del siríaco al árabe, del árabe al siríaco. Traducciones de una misma obra efectuada por distintas personas, por una sola persona, traducciones previas que posteriormente eran revisadas por - otras personas, etcétera.

3.2. PRINCIPALES FILOSOFOS ISLAMICOS: KINDI, ARABE, FARABI, TURCO Y AVICENA PERSA

Kindi: árabe de noble linaje. Nació en Kufa, en la mitad del siglo IX d.c. en donde su padre era gobernador, fue - educado en Basora y en Bagdad, se conoce poco de su obra, que fue muy amplia, alrededor de 200 libros, pues sólo se conservan dos volúmenes. Fue un famoso astrónomo que se interesó - por todas las ciencias naturales. Dejó tratados de Lógica, Metáffsica y de Matemáticas.

Algunas de las primeras fuentes árabes insisten en - que Kindi fue el primero en introducir el pensamiento aristotélico en el sistema islámico. Tal cosa - puede ser cierta o no, pero lo que no tiene lugar a dudas es que en el campo del pensamiento secular, - distinto de la especulación religiosa, fue el primero de los Falasifa que recibió una honda influencia del estagirita, y es, además, el autor de un tratado existente todavía, denominado SOBRE EL NUMERO DE LAS OBRAS DE ARISTOTELES, Y LAS QUE SON NECESARIAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOSOFIA.¹⁶

Para Kindi los filósofos griegos eran dignos de admiración. Platón y Aristóteles influyeron en su obra, consideraba

¹⁶ s.F. Afnan, *op. cit.*, p. 27.

que habfa que valorar la ciencia y el conocimiento, sin importar su lugar de origen.

Con Kindi se inició un movimiento muy importante que habfa de trascender hasta la cultura occidental; este fenómeno - consistió en el estudio y la interpretación de las obras de - Platón y Aristóteles.

FARABI: turco Abu Nasr al Farabi (959-951)

Con Farabi se inició el campo de la filosofía propiamente islámica. Se educó en Bagdad, escribió sólo en árabe, se le considera más importante que Kindi. Influyó notablemente - en Avicena.

Fue un gran lógico, desgraciadamente sólo una pequeña - parte de su obra en este terreno se ha conservado, su pensamiento rebosa de una originalidad que muestra las diferentes - influencias que conformaron a la ciencia de su época.

Manifestó un singular interés por reconciliar la filosofía con la religión. Para Farabi, la filosofía tenía dos caras, una religiosa y la otra secular, en las que no veía oposición alguna; en él se revela una de las características más peculiares de la filosofía islámica: su teocentrismo.

Si la filosofía islámica es por naturaleza sintética cuando se la compara con los métodos analíticos de los griegos del período clásico, también es teocéntrica por contraste con las concepciones antropocéntricas de los pensadores atenienses.¹⁷

Farabi afirmaba que Dios era el origen de todas las cosas, planteaba es el uno y la verdad, y citaba el Timeo de Platón y el libro Lambda de la Metaphysuca de Aristóteles para dar las pruebas de la existencia de Dios, pero la teología era su fuerte principal.

De las obras que quedaron de Farabi, la más importante

¹⁷ *Ibidem*, p. 33.

es IDEAS DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD VIRTUOSA, libro inspirado en la República de Platón.

ABu Bakr al - Razi:

Conocido por los europeos como Rhazas, considerado el médico más famoso de la cultura islámica, al igual que sus contemporáneos estudió en Bagdad, se dedicó a compilar manuales enciclopédicos, aplicó la química a la medicina y utilizó la balanza hidrostática para medir los pesos específicos. Su obra es notablemente práctica, describía siempre las sustancias que empleaba, los aparatos y los procesos químicos. De sus obras sólo quedan algunos fragmentos.

A diferencia de Kindi y Farabi, se le considera herético, quizá el que la medicina fuera una ciencia práctica lo alejó un poco de la Teología, nunca pretendió relacionar la filosofía con la religión. Conoció la obra de Demócrito y fue influido por el atomista.

Avicena:

A Avicena le tocó vivir una época muy diferente a Kindi, Farabi y Razi, estos tres filósofos vivieron la época de oro del mundo árabe, Avicena vivió en el siglo X, cuando ya la decadencia se iniciaba en el califato, de tal modo que se formaron dinastías locales en regiones que realmente nunca fueron sumisas, las dinastías luchaban por recobrar sus orígenes y despojarse del yugo árabe.

Una de estas dinastías fue Persia, que sobrevivió 100 años, tiempo en el que hubo un importante florecimiento de la literatura, la poesía y la ciencia.

Aunque Bagdad siguió siendo el centro de la cultura, disminuyó el interés por la investigación y en general por la ciencia griega, la actividad intelectual finalmente disminuyó y se trasladó a Persia.

Avicena nació en Afsina en el año 980, sus primeros --

años los pasó en Bujara, desde niño manifestó clara inteligencia e interés por la ciencia.

Fue estadista, astrónomo, médico, escritor. Cid nos dice:

Hasta épocas recientes la obra de Avicena que se ha considerado como el punto culminante de la cultura árabe, como la quintaesencia de las ciencias médicas orientales. En lo tocante al lenguaje, Avicena muestra una gran fuerza asimilativa, que se amplía al tratar los más intrincados problemas de la ciencia - como por ejemplo, en el Kitab al-Sira (Libro de la salvación), donde junto a problemas fundamentales de Lógica y Matemáticas incluye temarios de Física, Astronomía y Teología en forma de silogística aristotélica.¹⁸

En medicina su obra más importante es el Kitab al-Qanun fil-Tibb, traducido al latín bajo el nombre de Canon medicinas. Es una obra enorme compuesta por 1000 folios, en donde destacan las leyes de la medicina.

Avicena expone en su obra un equilibrio extraordinario entre la teoría y la práctica médicas, tal vez debido a las influencias de Galeno y Aristóteles.

El Canon es una obra monumental, muy ambiciosa, no exenta de dogmatismos, y en definitiva, erigido sobre un saber enciclopédico, más que inspirado en ideas personales. Avicena logró una síntesis razonable entre las obras de Hipócrates y de Galeno.¹⁹

Se considera como un gran compilador de las teorías y prácticas médicas, a su vez hizo aportaciones empíricas muy importantes: descripciones de la diabetes, formas de ictericia, formas de transmisión de la peste. Consideraba indispensable para el estudiante de medicina el aprendizaje de la antropología y la sociología, de las cuales se construía la morfología y la patología.

¹⁸ Felipe Cid, *op. cit.*, pp. 268 y 269.

¹⁹ *Ibidem*, p. 269.

La obra de Avicena tuvo gran impacto en la Europa Occidental. El Canon fue publicado en Nápoles en el año de 1411 y todavía en el siglo XVII se recomendaba a los estudiantes de Lovaina.

3.3. CIENCIAS DESARROLLADAS POR LOS ARABES

Las Matemáticas. Los árabes admiradores de la ciencia clásica conocieron las obras de Arquímedes, Los Elementos de Euclides, La aritmética de Nicómaco, las cónicas de Apolonio o Pέργamo entre otras. Contaban también con la influencia de los chinos, indios y mesopotámicos.

El estudio de la astronomía, la óptica y la geografía influyeron notablemente para que hicieran importantes aportaciones a las matemáticas: 1. Desarrollaron la aritmética, desde los algoritmos de cálculo hasta la teoría de las proporciones y de los números reales. 2. En geometría formularon la teoría de las paralelas. 3. Constituyeron como ciencias autónomas la trigonometría y el álgebra y desarrollaron los métodos infinitesimales.

Occidente tomó de los árabes el sistema de numeración - aunque éstos lo habían adquirido de los hindúes, los números desarrollados por los hindúes consisten en un sistema en el que el valor de una cifra está significado por su posición. Introdujeron el uso del cero. Este sistema presentaba muchas ventajas en relación al complicado de los números romanos, cuya base consistía en la adición o resta de números, no en la posición.

Cid nos dice que el cultivo de las matemáticas y la geometría, al igual que la astronomía fue impulsado por exigencias de tipo religioso-jurídico; por un lado el complicado derecho de herencias reglamentadas por el Corán y por otro el ritual del Islam que requiere de conocimientos de aritmética. Otros problemas prácticos fueron la canalización de los ríos,

el catastro, etc., que influyeron para que el álgebra se convirtiera en una ciencia exacta.²⁰

El campo en el que la ciencia árabe hizo una de sus más importantes contribuciones a la ciencia europea fue el de la alquimia, en la que se manifestaba, según Crombie, una de las características principales, más particulares de los árabes en el modo de abordar los problemas de la naturaleza que respondía a una tradición.

El problema principal de esta tradición no era qué aspectos de la naturaleza ilustraban más vivamente las intenciones morales de Dios ni cuáles eran las causas que podían proporcionar una explicación racional de los hechos descritos en la Biblia u observados en el mundo de la experiencia cotidiana, sino qué tipo de conocimiento podría dar dominio sobre la naturaleza.²¹

No hay que olvidar que los árabes fundamentalmente eran comerciantes y que esta particularidad generaba un espíritu práctico.

El desarrollo de la alquimia estuvo relacionado precisamente con un fin práctico que era totalmente ilusorio, pero que condujo al descubrimiento de sustancias, mezclas, ácidos, etc.; los árabes se propusieron transformar en oro todas las sustancias gracias a un elixir (o piedra filosofal), para lograrlo modificaron las balanzas y desarrollaron el alambique.

La alquimia representa la conjugación de dos corrientes una de carácter puramente científico y la otra esotérica. La alquimia de los árabes estuvo fuertemente influenciada por la bizantina que contenía una extraña mezcla de simbologías, esoterismo y misterio. "La perfección de los metales, representa por el oro, iba unida a un perfeccionamiento del alma para conseguir la salud material y la salvación eterna."²²

²⁰ *Ibidem*, p. 244.

²¹ A.C. Crombie, *op. cit.*, p. 57.

²² Felipe Cid, *op. cit.*, p. 254.

Algunos alquimistas, sobre todo a partir del siglo X, - pasaron directamente de la alquimia a la química; uno de ellos fue Razi (calificado como el mejor alquimista árabe), que siempre se negó a involucrar el misticismo y la religión en el estudio de la química. Dentro de esta corriente, los científicos se preocuparon por estudiar a Demócrito, pero ellos formularon su propia teoría atómica.

Definieron la sustancia como sinónimo de átomo, como lo que llena un espacio, lo consideraban bidimensional; formularon diversas hipótesis en relación al número de átomos que constituía un cuerpo, algunos propusieron 2, 4, 6, 8, y hasta 36. Suponían la combinación de los átomos en la formación de un cuerpo.

Los alquimistas que supieron separar el aspecto científico del esotérico, hicieron contribuciones muy importantes a la química, pero un gran número de ellos se quedó en la búsqueda absurda de transformar la materia en oro.

La medicina que en sus comienzos era empírica se fue relacionando poco a poco con la filosofía. Hipócrates y Galeno fueron siempre los maestros, pero corregidos por la experiencia adquirida por los árabes sobre todo en oftalmología, donde la medicina islámica tuvo sus mayores progresos, debido a que el desierto siempre ha producido problemas en los ojos de sus habitantes; la necesidad de resolverlos los llevó a hacer grandes aportaciones en este terreno.

En el campo de la óptica los árabes dedicaron muchos estudios a describir y explicar fenómenos tales como el arco iris, la luz en general y en particular la de las estrellas y la luna, así como también la refracción y reflexión, y sobre todo se preocuparon por el proceso de la visión.

La medicina árabe se dividía en tres partes fundamentales: una fisiología o doctrina de la salud, una patología o doctrina de la enfermedad y una terapéutica o doctrina de la curación. Esta última a su vez se subdividía en cirugía, farmacología y dietética.²³

²³ *Ibidem*, p. 262.

Galeno ya había tratado de particularizar los diferentes aspectos de la medicina, pero la aportación original de los árabes a esta disciplina la describe Cid así: La medicina árabe

enunció aquellas materias que de un modo racional - explicaban los problemas biológicos, esto es, al ampliar que entre las disciplinas fisiológicas fundamentales también se hallaba la lógica, la matemática y la ética; la lógica se consideraba según lo atestigua Ibn al-jammas, por ejemplo como el instrumento a través del cual se estudia la medicina y por el que se llega a lo verdadero y lo concreto.²⁴

Astronomía: En la época en que los árabes empezaron a estudiar la Astronomía, hacia el año 770, lo hicieron fundamentalmente activados por principios religiosos, pero la observación de los astros y la disciplina de la investigación los fue llevando al terreno científico.

Su astronomía está influenciada por la de los persas, griegos e indios, pero de todas las obras la más importante y básica para los árabes, fue la de Tolomeo, de la que hicieron una gran cantidad de traducciones.

Conocieron el calendario solar, lunar y lunisolar, aun que siempre se rigieron por el lunar, elaboraron varias tablas astronómicas, basándose en las tablas de Teón de Alejandría, fueron especialistas en la construcción de relojes de sol y de instrumentos de óptica.

El instrumento que más utilizaron fue el astrolabio plano. El matemático y astrónomo AL MUZAFFAR IBN MUHAMMAD - IBN AL - MUZAFFAR SARAF AL- DIN AL TUSI (murió en 1213) inventó el astrolabio lineal o bastón de AL TUSI.

Cid considera que la utilización de cálculos tan complicados en la observación de los astros influyó en el origen de la trigonometría.²⁵

²⁴ *Ibidem*, p. 263.

²⁵ *Ibidem*, p. 237.

Abu Abd Allah Muhammad ibn Yabir ibn Sinan al- Battani (850-929) es considerado uno de los astrónomos árabes más importantes. Estudió detenidamente la obra de Tolomeo e hizo algunas proposiciones nuevas al sistema tolomeico. En sus cálculos utilizó siempre la trigonometría.

Determinó la oblicuidad de la elíptica con un error menor de medio minuto de arco. Logró además establecer los equinoccios dentro de un intervalo de una o dos horas.

Estableció la duración del año y sus datos sirvieron durante la Edad Media para reformar el calendario juliano.

Debido a los intervalos que estableció entre las épocas de los equinoccios y de los solsticios logró un conocimiento de las órbitas aparente del sol mucho más aproximado que el de los griegos.

En el siglo XII algunos astrónomos árabes se pronunciaron en contra de la teoría tolomeica, pues encontraban diferencia entre ésta y las observaciones que realizaban, uno de ellos, Al-Andalus, inició un movimiento en contra de ese sistema, pero nunca propuso alguno alternativo.

Se considera que los árabes hicieron muy pocas aportaciones a la Astronomía fuera de la invención de algunos aparatos y la introducción de algunos conceptos ya citados, en realidad utilizaron siempre el sistema de Tolomeo y además lo llevaron a la Europa Occidental.

La geografía: Los árabes lograron acumular gran cantidad de conocimientos en los que se apoya la geografía moderna, consideraron esta disciplina como parte de la astronomía.

Las ciencias desarrolladas por los árabes ocuparon amplias esferas del conocimiento, se necesitaría un tratado especial de la ciencia islámica para poder abarcarla. Su influencia fue eminente en la Europa medieval, de nuevo se dio un fenómeno antagónico en la Baja Edad Media el desarrollo científico no solamente se estancó, sino que sufrió un retro-

ceso y paralelamente fueron los años de florecimiento de la ciencia árabe. Para el siglo XI empiezan los cambios en la Europa Occidental que culminaron en una primera etapa durante el Renacimiento y es entonces también en el siglo XI que la cultura islámica inicia su decadencia, de la que ya no pudo reponerse.

4. INFLUENCIA DE LA CIENCIA GRECO-ARABE EN EL MUNDO CRISTIANO OCCIDENTAL

La expansión del Islam llegó a su apogeo en el siglo X. En el año 711 los árabes invadieron la península ibérica; en un siglo el islam construyó un imperio (del año 632 al 732). Las conquistas de los árabes no despojaron de sus características propias a los pueblos sometidos, incluso permitían el ascenso de nativos a puestos de organización importantes.

Judíos y cristianos participaban por igual en cargos públicos. Se estableció una curiosa tolerancia entre árabes y cristianos, estos últimos aprendieron de su cultura, técnicas, formas de administración, etc. Aunque persistían grupos de cristianos que se mantenían apartados, tratando de conservar todas sus costumbres.

Esta tolerancia chocó con los grupos ortodoxos de los islámicos, los almorávides, nómadas saharianos que se levantaron en contra de los cristianos, y en algunas regiones lograron un retroceso; pero este estado de cosas se presentó tarde, los cristianos se fortalecían cada vez más, incluso algunos reyes españoles utilizaron a los almorávides para defenderse de las cruzadas.

A mitad del siglo XII, la civilización almorávide había desaparecido, su influencia más importante se dio en España y Marruecos.

Para el siglo XII la asimilación del saber greco-árabe empezaba a rendir sus frutos, a partir de este siglo se ini--

cia la reconquista de España y paralelo a ésta, un florecimiento importante de la literatura, la filosofía y las ciencias; se desencadenó un acelerado crecimiento demográfico, desarrollo de las ciudades y renovación de las técnicas agrícolas.

Durante este período se empezó a establecer la distinción entre dos grupos de materias. En uno se incluyeron las materias directamente relacionadas con la ortodoxia árabe, esto es, la jurisprudencia, estudio de las tradiciones, la gramática, y la lexicografía, la poesía, la métrica y la historia; y en el otro las que se podían considerar de importación, o sea, las ciencias de la naturaleza, la filosofía y las matemáticas.²⁶

La introducción de la ciencia islámica en el Occidente está estrechamente relacionada con la obra de Abelardo de Bath (inglés), que fue uno de los primeros filósofos occidentales que reflejó la influencia de la ciencia árabe. Pero correspondió a España el papel principal. Toledo fue el mayor centro cultural a partir del siglo XII, la importancia primero de Bagdad, después de Persia, se trasladó a la ciudad de Toledo.

En Toledo se expresó el carácter universal de la ciencia, independientemente de cultura o religión, filósofos de todas partes, judíos, cristianos, griegos y árabes acudían a esta ciudad; aquí precisamente llegó Abelardo de Bath, después de recorrer algunos países árabes.

Bronowski se refiere a Toledo de esta manera:

Consideramos a Italia como cuna del Renacimiento, mas la concepción se realizó en España en el siglo XII y se simboliza y expresa por medio de la famosa escuela de traductores de Toledo, donde los textos antiguos pasaron del griego (que Europa había olvidado), a través del árabe y el hebreo, al latín. En Toledo, entre otros avances intelectuales, se formuló un conjunto de tablas astronómicas, una suer

²⁶ *Ibidem*, p. 287.

te de enciclopedia de las posiciones de las estrellas.²⁷

En Toledo se crearon las primeras escuelas de traducción árabe al latín. Los nombres de los traductores más conocidos son: Abelardo de Bath, Roberto de Chester, Alfredo de Sareshel (el inglés), Gerardo de Cremona, Platón de Tívoli y muchos más.

Desde finales del siglo XII hasta el final del siglo XIII la proporción de traducciones directas del griego respecto de las de segunda mano a través del árabe aumentó gradualmente, y en el siglo XIV cesaron prácticamente las traducciones del árabe cuando Mesopotamia y Persia fueron conquistadas por los mongoles.²⁸

La cultura griega fue llevada a Europa por los árabes, y a medida que crecía el interés por su conocimiento, se buscaron las fuentes originales; nació la inquietud por conocer de manera directa la filosofía de los clásicos.

CONOCIMIENTOS QUE LLEVARON LOS ARABES AL MUNDO OCCIDENTAL

De los más importantes conocimientos que llevaron los árabes a Europa, se cuenta la astronomía tolomeica y la trigonometría asociada a ella, la medicina de Hipócrates y Galeno con las aportaciones de Avicena y Rhazes entre otros.

Los estudios sobre óptica, entre los que destacaban los de Alhazen en donde se describían los espejos esféricos y parabólicos, de la cámara oscura, de las lentes y de la visión.

En el terreno de las matemáticas las aportaciones más importantes son las del sistema arábigo de numeración, que como ya expusimos no es propiamente de los árabes, sino que lo tomaron de los hindúes; el uso del cero, las técnicas trigonométricas y tablas trigonométricas también creaciones de los

²⁷ J. Bronowski. *El Ascenso del Hombre*, México, Fondo de Cultura Económica, 1973, pp. 176 y 1977.

²⁸ A.C. Crombie, *op. cit.*, p. 46.

hindúes, todas estas aportaciones fueron fácilmente aceptadas en Europa, pues les resolvía importantes problemas de herencia, repartos, legados y sobre todo del comercio.

La alquimia que constituye uno de los sistemas filosóficos más originales de los árabes. Los investigadores querían encontrar el elixir de la vida, la piedra filosofal, el talismán y las propiedades mágicas de las plantas y los minerales, todo esto fascinó a los filósofos de Europa medieval, y cuando estaba empapado de carácter mágico, en la búsqueda de sus intereses fue la vía para desarrollar la química.

Fueron muchas y muy importantes las aportaciones de los árabes al mundo cristiano, prácticamente de todas las ciencias que desarrollaron los griegos, y, podemos decir que gracias a la cultura islámica se conservó, transmitió y enriqueció la ciencia griega; esta ciencia que había quedado rezagada u oculta durante el imperio romano, fue rescatada por los árabes, traducida, desarrollada y sobre todo difundida prácticamente en todo Oriente y Europa.

Simultáneamente al fenómeno de la influencia árabe en la ciencia, ocurrieron en la sociedad europea una serie de cambios importantes en la economía, quizá lentos, pero que serían las primeras puntadas que borderían una nueva época para la humanidad, se inició ya en el siglo XII, el camino hacia un nuevo sistema que desencadenó el Renacimiento económico, intelectual, científico y artístico de Europa. No es gratuito entonces que haya sido hasta el siglo XIII que floreció de nuevo la ciencia en Europa y se empezó a dejar atrás la oscuridad de la Baja Edad Media.

Las condiciones económicas propiciaron de nuevo la relación de la técnica con la ciencia; el nuevo desarrollo del comercio generó una gran cantidad de necesidades de tipo técnico, científico, y en ese contexto los filósofos se enfrentaron al mayor reto de su época; impulsar o en el mejor de los casos, crear una ciencia práctica, que cimbró las bases de los dogmas de la iglesia católica.

El cambio no fue rápido, transcurrieron 3 siglos antes de que aparecieran los primeros frutos; pero es de justicia - reconocer que los científicos de esta época como Roger Bacon, Pedro el Peregrino y Robert Grosseteste merecen un lugar especial en la Historia de la Ciencia, por haber sido los pioneros de la nueva ciencia; del nuevo método: el método experimental.

5. CAMBIOS EN LA ECONOMÍA DEL MUNDO OCCIDENTAL DEL SIGLO XI AL XV

5.1. EL COMERCIO

El comercio marítimo europeo prácticamente desapareció a partir del siglo VIII; el desarrollo económico del comercio se trasladó a Bagdad; las ciudades europeas quedaron prácticamente abandonadas, salvo por la actividad religiosa, el comercio dejó de tener razón de existir con la economía de autoconsumo del feudo.

Sólo quedaba el trueque o comercio esporádico realizado entre señores feudales y la economía quedó basada exclusivamente en la posesión de tierra; algunos judíos practicaban con regularidad el comercio durante la época carolingia.

Venecia no conoció la relación social de servidumbre, mantuvo siempre el comercio, y en la ciudad se manifestaban - las diferencias sociales debidas sólo a la riqueza de sus habitantes; ya para el siglo XI era una potencia marítima.

Los venecianos que carecían de terrenos agrícolas dependían para su existencia del comercio con las ciudades agrícolas; a éstas ellas proporcionaban el pescado y la sal de sus costas. La influencia de Venecia y su ejemplo se considera uno de los factores que hicieron renacer el comercio.

Es claro que los venecianos, al introducir la práctica del comercio, la aclimataron, por decirlo así, en todos los lugares que frecuentaron. Poco a poco

sus mercaderes tuvieron imitadores. Como carecemos de textos, es absolutamente imposible seguir el crecimiento de los gérmenes sembrados por el comercio en medio de la población agrícola.²⁹

Otro elemento que se considera como generador de la nueva economía, fue el desplazamiento de algunos siervos que acudían a las ciudades con el objeto de mejorar sus condiciones de vida; al hacerlo trabajaban como artesanos vendiendo lo que producían.

J.L. Romero lo explica así:

En efecto, la burguesía había comenzado a formarse con desprendimientos del colonato, cuyos miembros buscaban condiciones de vida más favorables en el comercio o en el libre ejercicio de su oficio. Agrupados en las viejas ciudades o en otras nuevas que fueron surgiendo, los burgueses acumularon muy pronto recursos suficientes para poder, algunos de ellos organizar empresas de largo alcance.³⁰

Artículos muy variados y cada vez en mayores cantidades salían de los talleres de los artesanos, se podían exportar y hacían renacer a las ciudades y sus habitantes. Este auge provocaba más y más deserciones de trabajadores agrícolas, y la crisis de la economía feudal se agudizaba paulatina mente al faltar la mano de obra en número importante.

La población de las ciudades creció en el mayor de los casos en forma desordenada, con el comercio surgieron necesidades que provocaron el desarrollo del trabajo y de las técnicas en general.

La transformación económica producto de este fenómeno, afectó las relaciones entre la burguesía naciente, la monarquía y el clero; pronto la monarquía se hizo de la vista gorda y no sólo no combatió a los comerciantes, sino que los apoyó, pues un atractivo del comercio era que generaba riqueza y capital.

²⁹ Henri Pirenne, *op. cit.*, p. 27.

³⁰ J.L. Romero, *op. cit.*, p. 75.

Las cruzadas organizadas para rescatar de los musulmanes la tierra santa, contribuyeron al desarrollo del comercio; pues los soldados viajaban con grupos de comerciantes que los abastecían. Además se prendaron de los artículos orientales y los llevaron a vender a sus tierras. Las cruzadas que aparentemente tenían un motivo religioso, fueron excursiones guerreras organizadas por la iglesia y los nobles con el fin de adueñarse de más tierras y riqueza.

Entre los siglos XII y XV se crearon las ferias en donde se vendían todo tipo de artículos locales y extranjeros; - al señor feudal le convenía que se organizaran estos eventos, pues los comerciantes le pagaban por usar sus tierras, por almacén de los artículos y en ocasiones, hasta un porcentaje de las ventas.

La organización de la ciudad requería de elementos diferentes a los del feudo, el comercio necesitaba de libertad y continuo movimiento, los burgueses podían establecer sus propias leyes:

El control de las ciudades no fue cedido inmediatamente, sino poco a poco. Primero el señor vendió alguno de sus derechos sobre el burgo a sus residentes; después vendió otras y la entrega continuó así, hasta que la ciudad prácticamente se hizo independiente.³¹

Con la expansión del comercio apareció una nueva forma de riqueza: la del dinero.

Huberman afirma que en el primer período feudal el dinero había sido inactivo, fijo, sin movimiento; con el comercio se hizo activo y fluido.³²

Este movimiento económico forzosamente tenía que repercutir en la ciencia; y ésta, que había estado confinada a una enseñanza elemental y fundamentalmente teológica, respondió a

³¹ Leo Huberman. *Los Bienes Terrenales del Hombre*, Buenos Aires, Argentina, Ed. Merayo, 1961, p. 44.

³² *Ibidem*, p. 50.

las nuevas condiciones de la sociedad. De las escuelas creadas por la iglesia surgieron nuevos científicos con una mentalidad más práctica que la de sus antecesores.

6. LA CIENCIA DEL SIGLO XII AL XIV

6.1. LA ESCOLASTICA Y LAS UNIVERSIDADES

Desde el siglo XI la iglesia requirió de nuevos fundamentos filosóficos que le ayudaran a enfrentar los cambios en la sociedad; si bien siempre se había preocupado por fundar - escuelas, éstas se mostraban insuficientes e incapaces para - defender los principios morales de la iglesia ante la cantidad de interrogantes que surgían con el desarrollo del comercio.

El clero necesitó preparar a los difusores de sus ideas, pero con una preparación más profunda y más sólida, que le - permitiera difundir de manera más amplia y segura la doctrina cristiana. Para responder a estas necesidades fundó las universidades.

La primera y más famosa de las universidades fue la de París, cuyo reconocimiento tuvo lugar en 1160. Estas universidades tenían sus antecedentes en las escuelas fundadas antes de nuestra era en Grecia. Con el principio de abarcar to das las disciplinas científicas, los mismos musulmanes influyeron con su ejemplo, pues ellos también tenían escuelas para enseñar la filosofía y la religión.

Bernal afirma que: Sucedieron a la de París la universidad de Bolonia, la de Oxford en 1167 y la de Cambridge en - 1209; Padua en 1222, Nápoles en 1224, Salamanca en 1227, Praga en 1347, Cracovia en 1364, Viena en 1367 y Saint Andrews - en 1410.³³

³³ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 35.

Aun cuando las universidades eran para clérigos, algo que ocurrió y de alguna manera influyó en el cambio de la ciencia fue el conocimiento de la cultura griega llevada a Europa por los árabes, y que el conocimiento en las universidades se impartió de manera más general y científica; así que tendrán que ser clérigos los que ayudarán al nacimiento de la nueva ciencia.

Sin embargo los bajos niveles no se superaron hasta después de unos siglos; estas universidades también fueron eco de los cambios sociales y económicos tan importantes que ocurrieron en este siglo y construyeron aunque en grado mínimo el cambio en el método científico.

La difusión hecha por los musulmanes sobre la filosofía de Aristóteles y Platón, pronto repercutió en la ciencia, surgió un espíritu nuevo de disertación, discusión y cuestionamiento muy parecido al que habían desarrollado los griegos.

Todo el saber del mundo antiguo no podía continuar vertiéndose sobre Europa mucho más allá del año 1200 sin dar lugar a corrientes opuestas. A grandes rasgos, el conflicto fue una lucha entre la autoridad establecida para mantener sus intereses incólumes, y una impaciencia cada vez mayor hacia la simple autoridad como árbitro final entre la investigación libre, y las creencias obligadas, fuera esto en conocimientos del universo natural, o en gobierno, o en religión.³⁴

En las primeras universidades la enseñanza de las matemáticas continuó siendo muy elemental; científicos tan importantes como Abelardo (1079-1142) mantenían un desprecio absoluto por las matemáticas, que fue una de las disciplinas que más tardó en ser revalorada; todavía en el siglo XV se mantenían las mismas condiciones, pero fueron los astrónomos del siglo XVII los que no sólo restituyeron su valor a esta disciplina, sino que la consideraron indispensable para la explicación de la física y la astronomía.

³⁴ E.T. Bell, *op. cit.*, p. 118.

6.2. FILOSOFOS QUE DEFENDIERON LA PRACTICA EN LA CIENCIA

Aun cuando en estos siglos la ciencia todavía estaba - muy empapada de la magia característica de la ciencia medie-- val, hubo científicos muy valientes que se atrevieron a separarlos, entre ellos están Alberto Magno, Petrus Peregrinus y Rufinus; estos científicos manifestaron una de las corrientes formadas en las propias universidades a raíz de la enseñanza de la filosofía ateniense, corrientes que empezaban a despre-- ciar la autoridad eclesiástica manifiesta en el saber. Fue-- ron científicos como éstos los que hicieron renacer el inte-- rés por estudiar las ciencias naturales que habían quedado re-- legados durante casi 5 siglos.

El primer centro de búsqueda naturalista, valga la expresión, se desarrolla en Oxford gracias a Robert Grosseteste (1175-1253), que nació en el condado de Suffolk, estudió en Oxford y en París, y de regreso a Inglaterra enseñó en Oxford, llegando a ser canciller de dicha universidad y obispo de Lincoln.³⁵

Grosseteste, quien fue maestro de Roger Bacon y defensor de la ciencia práctica, al igual que Bacon y Galileo, intuyó que las matemáticas eran el instrumento indispensable para la comprensión de las ciencias naturales. Su método consistía en observar las causas naturales de un fenómeno, posteriormente eliminaba aquellas observaciones que contradecían - la lógica del fenómeno y de ahí obtenía una conclusión.

Grosseteste se manifestó por utilizar el método experimental, llegó a él a través del uso de la inducción.

La escuela de Oxford nació, pues, en el seno de una especie de reencuentro donde se juntaron la tendencia empírica y el gusto por la experimentación. Durante el siglo XIII alcanzó una importancia fuera de toda ponderación, siendo uno de los faros culturales de Europa, aunque paradójicamente decayera a causa de su afán por defender los valores antiguos. Pero en el período que nos ocupa fulgura la personalidad de Roger Bacon (+1294).³⁶

³⁵ A.C. Crombie, *op. cit.*, p. 59.

³⁶ Felipe Cid, *op. cit.*, p. 293.

Roger Bacon, doctor mirabilis, nació en Ilchester (Somerset) en 1214. Estudió en Oxford; fue discípulo de Grosseteste, después estuvo en París, y antes de 1236 viajó por Italia; posteriormente regresó a Oxford e ingresó a la orden de frailes menores.

En Oxford se enfrentó continuamente a sus superiores, pues dudaba de una ciencia que sólo se basaba en disertaciones y carecía de método de comprobación.

Estos enfrentamientos le valieron la condena de sus obras y aun cuando por ser un científico de prestigio el Papa Clemente IV se ofreció a defenderlo, pidiéndole le mandara sus obras, éste dejó a Bacon en el desamparo al morir prematuramente.

Los clérigos de su orden lo acusaron de enseñar "novedades sospechosas" y por disposición del general de la orden Girolamo D' Ascoli (el futuro Papa Niccolo IV elegido en 1228) fue encarcelado desde 1278 hasta 1292 en que fue liberado; parece ser que murió en 1293 ó 1294.

Bacon fue uno de los primeros mártires de la nueva ciencia, aun cuando jamás se apartó de sus principios religiosos y siguió respetando en todo momento la idea de la existencia de Dios; su pretensión de utilizar el método experimental para la ciencia fue rechazada y condenada por los escolásticos de su tiempo.

La mayoría de los historiadores coincide en que las obras de Bacon hasta 1251 son semejantes a las de sus contemporáneos; en ellas se refleja el rigor del escolasticismo, pero en las 4 obras que mandó al Papa Clemente IV, planteaba: 1) La renovación de la iglesia y 2) La purificación de las ciencias y fundamentalmente la liberación de la teología.

Bacon rechazaba la violencia, el fanatismo de los soldados ignorantes que participaban en las cruzadas; consideraba que la ciencia era el único camino que proporcionaba armas

intelectuales a los clérigos para luchar por los preceptos de la iglesia; criticaba la enseñanza tan elemental de las escuelas y en esta tónica se atrevió a asegurar que la decadencia del cristianismo y de los valores morales se debían al abandono de las ciencias de la naturaleza y de la filosofía.

Bacon no sólo había gozado de la enseñanza de Grosseteste, quien era un ardiente partidario del conocimiento de las lenguas (griega, árabe, hebreo), conocía más o menos directamente la Óptica de Alhazen, habiendo imaginado una teoría semi-científica y semi-mística de la luz, y quería probar la realidad de los fenómenos físicos con la prueba directa, la experiencia; sino había aprovechado en París, de la palabra y del ejemplo de uno de los más grandes sabios de la época medieval: PETRUS PEREGRINUS DE MANTICOURT.³⁷

Profesaba una notable admiración por Pedro el Peregrino, se refería a él como el hombre que conquistaba realmente las ciencias naturales a través de sus experimentos; consideraba que en esta particularidad radicaba el triunfo de la ciencia, decía que Pedro el Peregrino no gastaba su tiempo en aburridas disertaciones:

Lo que otros con esfuerzo ven obscura y difícilmente, como murciélagos en el crepúsculo, él mira a la completa luz del día, porque él es maestro del experimento. A través del experimento él conquista conocimientos de las cosas naturales, médicas y químicas, en verdad de todas las cosas del cielo y de la tierra.³⁸

En Pedro el Peregrino, Bacon admiraba su interés por el trabajo del artesano, decía de él, lo mismo investigaba al minero, que al soldado o al labrador y manifestaba que se avergonzaría si desconociera algún oficio. Esta singularidad representa un cambio notable en el científico, si comúnmente el hombre de ciencia se separaba y despreciaba el trabajo ma-

³⁷ Aldo Mieli. *Panorama general de Historia de la Ciencia*, Buenos Aires; México, Espasa Calpe Argentina S.A., 1946, p. 233.

³⁸ *Ibidem*, p. 233.

nual; es ahora que el propio desarrollo técnico propiciado por el comercio crea otras necesidades, el trabajo manual se revaloriza.

Para Bacon todos estos detalles lo hacían admirar a su maestro y desde luego reflejar su enorme interés por utilizar un nuevo camino para la ciencia; el camino de la práctica, de la experimentación.

Sus contemporáneos lo interpretaron mal, construyeron leyendas en torno a su persona, lo consideraban un gran mago, y fueron poco sensibles al valor de sus aportaciones metodológicas.

Fueron los científicos del Renacimiento los que valoraron a Bacon, los que lo convirtieron en el verdadero fundador del método experimental; los que publicaron sus obras.

El campo experimental en el que Bacon trabajó más intensamente fue el de la óptica, o de la perspectiva, como se decía entonces. En esto fue precedido por Grosseteste, pero Bacon tenía un conocimiento más preciso de la obra de Alhazen y de otros escritores árabes, como por ejemplo AL-KINDI.³⁹

Invirtió gran parte de su fortuna en experimentos, su grandeza no se reduce a la utilización personal de un nuevo método de la ciencia; fue más allá, luchó porque se generalizara su aplicación por todos los científicos y en todas las ciencias naturales. Bacon inaugura una nueva época para la ciencia que culminará con el gran Galileo y los astrónomos del siglo XVII; pero el ambiente científico no estaba todavía maduro en el siglo XIII, y su obra se convirtió en una lucha dolorosa, de enfrentamiento con aquellos clérigos que se oponían al cambio y que reprimían las nuevas ideas.

EL METODO CIENTIFICO ENTRE LOS SIGLOS XIII y XIV

La influencia árabe en el mundo occidental tiene una de sus aportaciones más valiosas en la enseñanza de la cultura -

³⁹ *Ibidem*, p. 236.

clásica que impartió en el mundo occidental; fueron los musulmanes los que llevaron a Platón y Aristóteles a la Europa Medieval.

El conocimiento de Platón y Aristóteles tuvo amplias repercusiones; podemos decir que ayudarían a dar un giro a la ciencia; sobre todo a partir del siglo XII.

A partir de esta época se constituyen en los gigantes de la filosofía que serían enormemente respetados por los filósofos escolásticos; aunque después el cambio en la ciencia y el método obligó al cuestionamiento de gran parte de sus aportaciones.

La Filosofía Medieval se nos presenta la mayor parte de las veces como si estuviera dominada completamente por la autoridad de Aristóteles. Sin duda es verdad, pero sólo para un período determinado.

En primer lugar, Aristóteles fue el único filósofo griego cuya obra completa por lo menos toda la que se conocía en la antigüedad fue traducida al árabe y más tarde al latín. La de Platón no tuvo este honor y fue por tanto menos conocido.

Esto tampoco fue resultado de una casualidad. La obra de Aristóteles forma una verdadera enciclopedia del saber humano. Excepto medicina y matemáticas, encontramos en ella de todo: lógica, lo cual es de una importancia capital; física, astronomía, metafísica, ciencias naturales, psicología, ética, política.⁴⁰

Los escolásticos al conocer la obra de Aristóteles y Platón, iniciaron una ciencia nueva, se rescató o más bien se copió, el estilo de los filósofos griegos de las discusiones y disertaciones, aun las generalizaciones hechas por los filósofos clásicos se habían sustituido en los siglos VI al XI por la Teología, hasta el método deductivo había perdido en esa época, la ciencia medieval.

La recuperación de la idea de ciencia demostrativa, en la que un hecho es explicado cuando puede ser de

40

Alejandro Koyre. *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, México, Ed. Siglo XXI, 1984, p. 21.

ducido de un principio primero y más general, y los grandes avances en la técnica matemática que ocurrieron en la cristiandad occidental durante el siglo XIII, fueron las principales conquistas que hicieron posible la ciencia del siglo XIII.⁴¹

Pero los filósofos del siglo XIII no se conformaron con utilizar el método deductivo; el desarrollo de la técnica planteaba una serie de interrogantes que la ciencia tenía que resolver. Si para los griegos la deducción fue suficiente, las condiciones de la ciencia en esta época exigían buscar una nueva metodología.

Los estudiosos de la naturaleza se planteaban una gran cantidad de interrogantes en torno a la metodología. ¿Cómo formular los principios generales? ¿Cómo llegar a la teoría general? ¿Cómo distinguir entre varias teorías cuál es la correcta y cuál es la falsa? La demostración se hizo indispensable.

Los filósofos medievales, al estudiar estos problemas, investigaron la relación lógica entre los hechos y las teorías, o entre los datos y las explicaciones, los procesos de adquisición del conocimiento científico, el empleo de análisis inductivo y experimental. Comenzaron a elaborar el concepto de la ciencia de la naturaleza como siendo en principio inductiva y experimental tanto como matemática, y comenzaron a desarrollar los procedimientos lógicos de la investigación experimental que caracteriza fundamentalmente la diferencia entre la ciencia moderna y la antigua.⁴²

De los filósofos griegos el que más se adapta a sus preocupaciones metodológicas era Aristóteles, pues él utilizó la inducción, el estudio de casos particulares, la observación de los fenómenos naturales y de éstas, establecía la generalización.

El siglo XIII es el siglo de la inducción y del experimento; métodos que también habían sido utilizados por los ára-

⁴¹ A. C. Crombie. *Historia de San Agustín a Galileo* / II Madrid, Alianza Editorial, 1974, p. 16.

⁴² *Ibidem*, pp. 16 y 17.

bes aunque no en forma generalizada; esta necesidad de utilizar la inducción y el experimento no se manifestó en todos los científicos, en general la ciencia se mantuvo dentro de la estructura de la teoría aristotélica y la mayoría de sus deducciones fueron aceptadas.

Las nuevas corrientes de pensamiento surgieron sobre todo en la Universidad de Oxford; ya hemos mencionado a Grossetes te como uno de sus representantes.

Basó su teoría de la ciencia en primer lugar sobre la distinción de Aristóteles entre el conocimiento de un hecho (*demonstrato quid*) y el conocimiento de la razón de ese hecho (*demonstratio propter quid*). Su teoría poseía tres aspectos esencialmente distintos que, de un hecho, caracterizan todas las discusiones de metodología hasta el siglo XVII y, ciertamente, hasta -- nuestros días: el inductivo, el experimental y el matemático.⁴³

El método inductivo que se utiliza en esta época mucho -- más avanzado que el utilizado por Aristóteles; en este siglo -- sustituye ya al método deductivo como único en la ciencia. O, más aún, logra relacionarlos en una relación dialéctica que llevaba forzosamente a la experimentación.

Otro grande de esta época como ya mencioné fue Roger Bacon.

La primera prerrogativa de la ciencia experimental de Roger Bacon era, pues, confirmar las conclusiones del razonamiento matemático; la segunda era añadir a la ciencia deductiva un saber que por sí mismo no podía conseguir, como por ejemplo, en la Alquimia; y la tercera era descubrir campos del saber todavía no alumbrados. Su intento de descubrir la causa del arco iris con el que ilustra la primera prerrogativa de la ciencia experimental, muestra que había captado los principios esenciales de la inducción por medio de los cuales el investigador pasaba de los efectos observados al descubrimiento de la causa y aislaba la auténtica causa eliminando las teorías que eran contradichas por los hechos.⁴⁴

⁴³ *Ibidem*, pp. 20 y 21.

⁴⁴ *Ibidem*, p. 30.

7. CONCLUSIONES

Pasarían 300 años antes de que estos métodos triunfaran; los primeros pasos estaban dados, aún el camino era largo; después de estos científicos las universidades siguieron manifestando diferentes corrientes de pensamiento; pero el sistema feudal con todos sus componentes era sustituido poco a poco por un nuevo sistema económico: el capitalismo. El comercio favoreció el desarrollo de la técnica, obligó a desarrollar las matemáticas y a estudiar la astronomía, pues su crecimiento la llevaba a otras partes del mundo y se necesitaban nuevas rutas de navegación; precisamente en estas disciplinas se manifestó con más fuerza la nueva ciencia con representantes tan importantes como Copérnico y Leonardo da Vinci.

El gran mérito de los que llama Crombie "escolásticos tardíos" fue el de responder a las necesidades de la sociedad; a los cambios sociales y luchas por establecer las bases para un nuevo método: el experimental que determinará de manera rotunda el desarrollo de la ciencia.

Los cambios en la economía, en la ciencia, en la técnica, en el arte y en general en todo lo social generaron a lo largo de estos tres siglos, XII, XIII y XIV el Renacimiento Europeo.

V. EL PROCESO DE FORMACION DE LA CIENCIA MODERNA

1. CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS

El comercio hizo florecer las ciudades, renovar las técnicas, desarrollar el transporte y buscar nuevas rutas de navegación para el mercado, paulatinamente se fue fortaleciendo un nuevo sistema hasta sustituir a la economía feudal que para el siglo XIV vivía sus últimos años.

Los campesinos que vivían como siervos, buscaban la ciudad para trabajar como artesanos y librarse del señor feudal, la mano de obra en el feudo disminuía día tras día; las ciudades aumentaban su población y se incrementaba la demanda de alimento y de vivienda.

A partir de los siglos XII y XIII los mercaderes más prósperos tomaron las riendas del gobierno municipal; estos administradores construyeron lo que sería propiamente la organización de las ciudades. Interesados en desarrollar el comercio crearon la infraestructura propia para ello; fundaron mercados y lonjas, establecieron las finanzas y el crédito urbano, construyeron escuelas y protegieron las ciudades con grandes murallas. La administración buscó en todo momento el privilegio de la burguesía; en el siglo XIV surgieron brotes de informalidad sobre todo entre los artesanos y más tarde se extendieron a algunas capas de la burguesía que sufrían las consecuencias de las mafias formadas entre los patricios gobernantes que favorecían sólo a determinadas familias.

Tales enfrentamientos condujeron a una reconsideración de los administradores que se vieron obligados a compartir el poder, cediendo algunos puestos.

A partir del siglo XIV se manifestó el poderío urbano; príncipes y reyes se convirtieron en aliados permanentes de la

burguesía, y en el mayor de los casos, en socios activos. El estado tomó un rumbo diferente. Se abocó a defender e impulsar la industria y el comercio.

En las ciudades se empezó a transformar el sistema de pago estableciéndose el uso del dinero. La implantación de un nuevo sistema económico estaba en puerta, la decadencia del sistema feudal corría paralelo al desarrollo del capitalismo que todavía tardó tres siglos en consolidarse.

El trabajo del artesano se convirtió en la base del comercio, su valor fue rescatado, se formaron los talleres, luego los gremios, que fueron el antecedente de la fábrica.

El incremento de la población en las ciudades obligó a renovar las técnicas de construcción; la necesidad de producir más para el comercio desarrolló prácticamente todas las artes manuales.

Las ciudades se desarrollaron de manera distinta, las que impulsaron el comercio se fortalecieron, países como Holanda, Inglaterra y Francia pugnaban por la secularización y trataban de despojar a la iglesia de su poder político y económico. En Italia ciudades como Venecia que se habían mantenido al margen del régimen feudal, buscaban su independencia política y económica, la seguían Génova, Florencia y Milán.

Alemania tuvo que enfrentar una lucha difícil contra la iglesia, que condujo a la Reforma luterana. Italia en cambio, no vivió este conflicto; la iglesia permaneció expectante ante el florecimiento del arte y de la cultura en general.

Los mercaderes se aliaron con los monarcas en contra del emperador y del Papa; fundaron estados independientes que luchaban por ganar el campo del comercio. Poco a poco este tipo de gobierno acabó con el poder del Papa y del emperador y por consiguiente con el régimen feudal.

El comercio se extendió por toda Europa, buscando siempre nuevos mercados. La sociedad fue cambiando paulatinamen-

te, durante algunos siglos convivieron campesinos, con artesanos urbanos, comerciantes ricos y señores feudales; pero en la medida que el comercio se fortaleció, las clases se redujeron a las urbanas. Los campesinos que se resistían a abandonar sus tierras fueron perseguidos o despojados de sus propiedades; con lo que la burguesía pretendía dos fines: obligar al campesino a acudir a las ciudades a vender su mano de obra y, utilizar las tierras para introducir ganado que apoyara la industria de la lana.

La burguesía preocupada por incrementar la producción buscó la posibilidad de desarrollar las técnicas; se dio un cambio radical en el carácter de la ciencia que se convirtió ante todo en bandera de lucha en contra de las ideas religiosas y en rechazo de las viejas formas aristocráticas. Los mismos monarcas se convirtieron en mecenas de los científicos y humanistas; sucedió un fenómeno similar al de la ciencia islámica; todos estos cambios ocurrieron sobre todo en Italia, en donde se destacó la Universidad de Padua.

Surgió un cambio importante y trascendente para el nacimiento de la ciencia moderna; los científicos se interesaron en la técnica, la que durante siglos había sido despreciada; el desarrollo del comercio la hizo florecer.

Ya desde el siglo XIII algunos científicos como Pedro el Peregrino y Roger Bacon entre otros, se habían interesado por la técnica. En el siglo XV el interés se generalizó, y se buscó relacionar la ciencia con la técnica.

Los científicos como Leonardo decidieron resolver problemas de tipo técnico que se originaban en los talleres, en las tareas de la producción.

La canalización de los ríos, la construcción de puentes, la excavación de puertos, la erección de fortalezas, el tiro de la artillería, ofrecen a los técnicos una serie de problemas que no pueden resolverse empíricamente y que exigen necesariamente un planteamiento teórico. Y los nuevos estudiosos no

egresan de las aulas académicas, sino de los ambientes del humanismo libre de las profesiones civiles.¹

La relación entre la ciencia y la técnica impulsó la producción y generó cada vez más excedentes, la necesidad de ampliar el mercado obligó a buscar nuevas rutas de navegación. Precisamente fue en la navegación en donde mayor participación hubo de los científicos, impulsando el desarrollo de la Astronomía y las Matemáticas.

Bernal afirma que la participación de los científicos creó la posibilidad de rutas más económicas.

Al finalizar el siglo XV, precisamente en el punto culminante del Renacimiento, se produjo un rompimiento crítico de los antiguos moldes del comercio, en el cual la ciencia vino a constituir una especie de corto circuito, respecto a las viejas y onerosas rutas terrestres, hacia los mercados establecidos y vino a abrir rutas económicas hacia nuevos mercados insospechados. El resultado más espectacular fue el descubrimiento del nuevo mundo americano.²

Las nuevas rutas comerciales permitieron la ampliación y difusión de las técnicas; Europa se encontraba ante una época de prosperidad, de cambios, de riqueza.

El cambio en la economía repercutió en todos los aspectos de la sociedad; hacía falta una nueva filosofía, una nueva concepción del mundo, acorde con el espíritu de la época. El descubrimiento del nuevo mundo abrió la posibilidad de aceptar nuevas ideas. La fortaleza creada por la iglesia se desmoronaba a pasos agigantados. Sin embargo, ésta se aferraba a su poder, se hacía cada vez más represiva y se oponía con toda su fuerza a perderlo en el terreno político y económico.

En este contexto surgió una corriente renovadora del pensamiento: los humanistas; corriente que nació en Italia y

¹ Ludovico Geymonat, *op. cit.*, p. 34.

² John D. Bernal, *op. cit.*, p. 368.

más tarde se extendió a toda Europa. Su filosofía se basaba en la renovación de las ideas, en el rechazo al pensamiento - feudal y en la búsqueda de una sociedad más secular. Fueron ellos los más interesados en traducir los textos de los griegos, en rescatar la ciencia clásica de Aristóteles y Platón, de los jonios y helenísticos. Nunca tuvieron la intención de dudar de la existencia de Dios, sino del sistema erigido por la iglesia.

Esta corriente tuvo diversos caminos; en Italia se conservó la religión católica, pero en Alemania surgió una alternativa diferente: el protestantismo, más adecuado a las condiciones del momento, libre de las doctrinas católicas que impedían el enriquecimiento y la usura; fue acogido sobre todo - por la burguesía, los pequeños comerciantes y los artesanos. El protestantismo facilitaba con sus ideas el desarrollo del capitalismo.

El protestantismo era en aquel tiempo infinitamente más flexible que el catolicismo. Este tenía el corsé de hierro de la jerarquía encabezada por el Papa. Tenía los mecanismos de la confesión, penitencia y absolución y los tribunales eclesiásticos y la absolución. El protestantismo atrajo como las herejías medievales, a los artesanos y pequeños comerciantes, al confiar en los dictados de su propio corazón como guías de su propia conducta. Los elegidos eran aquellos que se consideraban a sí mismos, elegidos.³

La nueva clase, la burguesía, buscaba con afán la validez de sus principios, su enfrentamiento con la iglesia tenía como fin contar con la libertad de producir el capital y la riqueza; su rompimiento no podía ser tan radical que la llevara a negar la existencia de Dios; quería solamente cambiar - las reglas morales y adecuarlas a sus necesidades.

Pierre Vilar lo explica así:

³ Pierre Vilar, et al. *Estudios sobre el nacimiento y desarrollo del capitalismo*, Madrid, Ed. Ayudo, 1972, pp. 64 y 65.

Cuando en el siglo XVI y XVII, el negociante de Ginebra, de Amsterdam o de Londres miraba en lo más profundo de su corazón, descubría que Dios había puesto allí un profundo respeto por el principio de la propiedad privada.⁴

Si en la religión se buscaron nuevas formas, en otras actividades humanas también se buscó una renovación.

Tanto en los países católicos como en los protestantes, el Renacimiento significó un rompimiento definido y deliberado con el pasado. Y, aunque es cierto que hubo necesidad de conservar muchas cosas, sin embargo, se les dio una nueva orientación. Así desaparecieron en definitiva las formas medievales de la economía, la arquitectura, el arte y el pensamiento; siendo sustituidos por una nueva cultura: capitalista en la economía, clásica en el arte y la literatura y científica en la consideración de la naturaleza.⁵

El ambiente era de cambio, de transformación, de curiosidad, de riesgos; los comerciantes podían diseñar múltiples formas de ganar dinero, vivían elegantemente y debido a que el trabajo del artesano era fundamental para obtener dinero, se buscó relacionar a los técnicos con los científicos.

2. LA CIENCIA EN EL SIGLO XV

Los siglos XV, XVI y XVII, se consideran relacionados con el surgimiento de la ciencia moderna, que según afirma Maksabedián coincide con el desarrollo del capitalismo.

El surgimiento de la ciencia moderna coincide con el desarrollo del capitalismo, 1450-1690, en una relación tan íntima, que no es posible expresarla en términos de causa y efecto. Se puede establecer que al comenzar el período, el factor dominante fue el económico. Las condiciones del desarrollo capitalista hicieron posible y necesario el nacimiento de la ciencia experimental.⁶

⁴ *Ibidem*, p. 66.

⁵ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 370.

⁶ Jorge Maksabedián A. *El método en la física*, México, D.F., 1982, Instituto Politécnico Nacional, p. 3.

El siglo XV representó la antesala de la nueva ciencia, a la que correspondió enfrentar la autoridad de la iglesia, - romper con los eslabones establecidos y buscar caminos y rutas diferentes para el conocimiento de la naturaleza.

Leonardo da Vinci, claro espíritu renacentista, revalora el papel de la técnica en el desarrollo social; su actividad fue multifacética y sus aportaciones múltiples. Vio con claridad que la práctica y la teoría eran dos hermanas mellizas que debían desarrollarse simultáneamente; que la teoría sin la práctica no tenía sentido y que la práctica sin teoría no tenía perspectiva.⁷

Los científicos del siglo XV, se enfrentan además de a la iglesia, a las ideas aristotélicas defendidas por los escolásticos, pues la técnica al ser revalorada por Leonardo, se convirtió por sí misma en enemiga de Aristóteles

Poco podía ayudarle la opinión de Aristóteles cuando llegaba el momento de sacar una pintura de un bocado, de trazar un sistema de riego, o de tomar una ciudad fortificada. Para resolver estos problemas era más importante observar el estado real de las cosas, tal como son que consultar la opinión de los pensadores enciclopédicos griegos sobre lo que deben ser.⁸

La empresa como ya apuntamos era difícil; si bien en un principio la iglesia no fue consciente de la influencia que en el terreno filosófico tenía la ciencia nueva, por su propia naturaleza se negaba a los cambios. Engels nos dice que la tarea era para titanes.

Era una época que requería titanes, titanes en cuanto a sabiduría, espíritu y carácter; la época que los franceses llamaron certeramente el Renacimiento y a la que la Europa protestante, con limitación unilateral, dio el nombre de Reforma.⁹

Decir Renacimiento es decir curiosidad, investigación,

⁷ *Ibidem*, p. 4.

⁸ Sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 132.

⁹ Federico Engels, *op. cit.*, p. 163.

aventura, cuestionamiento, renovación de ideas, y aunque no - fue precisamente en la ciencia en donde se manifestó con mayor grandeza, la ciencia respondió a la época con hombres tan maravillosos como Leonardo da Vinci y Copérnico.

Koyré considera que fue una época pletórica de magia; el rompimiento con la filosofía aristotélica dejó a muchos científicos desnudos que se refugiaron en la magia; de ésta, dice, los mejores exponentes fueron Marsilio Ficino o Bernardino Telesio o Campanella.¹⁰

Leonardo da Vinci (1452-1519) en cambio, es un incansable seguidor de Arquímedes, actitud que refleja en su interés por materializar la Física.

Leonardo respondió como gigante a las necesidades de su época, la técnica tan necesaria para desarrollar el comercio fue abordada por científicos como él, que supieron entender su presente y valorar en toda dimensión el proceso de transformación que se manifestaba en la sociedad, lo que no fue fácil, pues la iglesia representaba el poder y se oponía a las nuevas ideas, además los filósofos escolásticos defendían rabiosamente las ideas de Platón y Aristóteles.

Fue un hombre práctico, respetuoso y admirador del trabajo manual, su formación de ingeniero, de escultor, de pintor, y su tránsito por los talleres lo llevaron a comprender el valor de la técnica. Superó en mucho a Roger Bacon, pues éste confiaba en que la búsqueda de una nueva ciencia lo llevaría a una mejor comprensión de la religión; su amor por la teología se mantuvo siempre presente. Da Vinci en cambio se refería a ella para cuestionar los abusos y despojos de la iglesia, tuvo el gran acierto de desligarse totalmente de la Teología.

Su carácter práctico incluso lo llevó a olvidarse de Aristóteles, pues no encontraba en la filosofía del estagirita

¹⁰ Alexandre Koyré, *op. cit.*, pp. 42 y 43.

ta respuesta a sus problemas de mecánica; para él, Arquímedes representaba el científico de confianza.

En la época que vivió, el método inductivo pasó de la etapa de discusión en las universidades a la necesidad de su utilización; los problemas de la naturaleza no podían resolverse con los métodos de demostración utilizados por los griegos. Se hizo necesaria la observación de casos concretos y - de hechos particulares.

Leonardo aprendió de Arquímedes la importancia de la palanca; la llegó a considerar como la máquina más importante, generadora de todas las demás. Conoció la relación de los tiempos de caída según la longitud y según la altura de un plano inclinado. No llegó a formular el principio de inercia, pero afirma Mach Ernst que ya lo intuía.

Leonardo sabe que, en una columna de dados, se puede proyectar uno fuera de la columna sin perturbar al resto; sabe que en un cuerpo en movimiento, cuando la resistencia es menor el movimiento se prolonga; aunque supone que el cuerpo quiere completar una longitud de camino predeterminada por el impulso y nunca habla de la persistencia, cuando falta completamente la resistencia.¹¹

A través de la escultura y el dibujo estudió la anatomía, realizó muchas disecciones del cuerpo humano que reproducía en sus dibujos con delicado detalle. Manifestó que la naturaleza no se explicaba con la magia.

Desgraciadamente no llegó a publicar su obra. Los historiadores afirman que quizá con la difusión de la misma se había adelantado en su época el desarrollo de la nueva ciencia y el nuevo método.

Su filosofía queda expresada en las siguientes palabras:

El estudio de la naturaleza es la esencia de la educación, el resto no es sino ornamento. Estúdiala -

¹¹ Mach, Ernst. *Desarrollo Histórico Crítico de la Mecánica*, Buenos Aires-México, Espasa Calpe Argentina, S.A., 1949, p. 108.

con tu cerebro y con tus manos. No temas tocarla. Aquellos que temen experimentar con sus manos jamás sabrán algo. Todos debemos ser artesanos de algo. La esperanza del mundo es la honesta artesanía.¹²

Nicolás Copérnico (1473-1543)

La primera manifestación trascendental de los cambios - de la ciencia, la representa la teoría heliocéntrica elaborada por Copérnico; con ella se enfrentaba radicalmente a la - ciencia aristotélica y más aún, mueve los cimientos de la -- iglesia católica que por siglos había difundido la teoría to- lomeica que se adaptaba tan ventajosamente a su orden jerár-- quico.

Copérnico nació unos cuantos años antes del descubri-- miento de América; le tocó vivir una época llena de hallazgos maravillosos que finalmente eran la consecuencia de la búsque da de nuevas rutas comerciales, que habían llevado a los as-- trónomos a desarrollar nuevos métodos de observación de tal - forma que la teoría tolemeica se iba haciendo obsoleta y cada vez dejaba más lagunas por resolver.

Copérnico fue un estudioso de los clásicos griegos; su interés lo llevó a revisar con todo detenimiento las diversas teorías astronómicas que se habían formulado a lo largo de mu chos siglos y descubrió que antes de él ya se había planteado la posibilidad de que la tierra se moviera. Estos estudios - los hizo en Italia donde permaneció 6 años.

Escribió:

Según Cicerón, Hicetas enseñó que la tierra se mov-- vía....según Plutarco que algunos otros habían sos-- tenido la misma opinión... Con esto yo también concebí esa posibilidad y me puse a reflexionar por mí mismo sobre la movilidad de la tierra... Al cabo - de muchos años y largas observaciones llegué a la - conclusión de que si añadíamos a la rotación de la tierra los movimientos de los demás planetas y se - les calculaba en función de la revolución de nues--

¹² Jorge Maksabedián, *op. cit.*, p. 5.

tro globo, no sólo se deducían de éste los fenómenos de los otros, sino que de tal modo quedaban engranados entre sí el orden y magnitud de todos los planetas, esferas y del mismo cielo, que no era posible alterar una sola parte sin sembrar la confusión en las demás partes y en todo el universo. Por esta razón... he adoptado este sistema.¹³

Se interesó en buscar un sistema geoméricamente más sencillo que concordara con sus observaciones y que diera respuesta a las dudas planteadas por muchos navegantes y científicos, se daba cuenta de que estaba cambiando el centro del universo de la tierra hacia el sol, y que con esto echaba por tierra la Astronomía y la Física de Aristóteles. Al principio su teoría fue aceptada por unos cuantos matemáticos y tuvo además la suerte de que el Papa Clemente VII la aprobara y sugiriera su publicación.

Pero la cuestión no era tan sencilla, en el fondo se estaba proponiendo un cambio radical, absoluto al sistema astronómico de Tolomeo, que forzosamente tendría que generar una nueva filosofía y una nueva concepción del mundo; uno de los primeros en desarrollar y proclamar esta nueva filosofía fue Giordano Bruno, quien planteó la idea del infinito en el espacio, aunque no fue un astrónomo sino un filósofo, se inclinó por defender la teoría de Copérnico. La Inquisición lo hizo quemar vivo en 1600.

Los escolásticos de la época y la iglesia se apresuraron a cambiar de actitud, si habían sido tolerantes con las nuevas ideas, su convicción de que la nueva teoría introduciría cambios radicales en la concepción del mundo los obligó a mostrarse cautelosos.

Durante el siglo XV las ideas predominantes acerca de la conformación del universo se basaban fundamentalmente en la obra de Tolomeo. El sistema que describió Tolomeo estaba formado por una gran cantidad de círculos perfectos en los -

¹³ sir William Cecil Dampier, *op. cit.*, p. 139.

que la tierra constituía el centro del universo, en torno a la que giraban el sol y los planetas; variaba en algunos rasgos en la interpretación de algunos filósofos, pero en sentido estricto se respetaban los lineamientos principales de la teoría tolomeica.

En el sistema de Aristóteles, se suponía que las esferas estaban formadas de un sutil material etéreo, que se movía más suavemente que los líquidos y sin ninguna clase de fricción, pero, al pasar el tiempo la idea parece, se fue haciendo más burda y más vulgar. Los cielos sucesivos se fueron transformando en globos vítreos o cristalinos, sólidos pero todavía transparentes, de forma que se le fue haciendo cada vez más difícil al hombre recordar el hecho de que carecían de fricción y de peso, aunque formalmente se seguía manteniendo la teoría de Aristóteles a este respecto.¹⁴

El sistema de Tolomeo que estaba basado fundamentalmente en la Física de Aristóteles, denotaba cada vez más contradicciones en la medida en que se desarrollaban las observaciones astronómicas; tiempo atrás los árabes se habían percatado de algunas incongruencias. A menudo al realizar sus observaciones los astrónomos se encontraban con que los planetas al realizar sus movimientos no describían círculos perfectos y la mayor parte de ellos antes que dudar de la teoría tolomeica cuestionaban la eficiencia de los aparatos.

La necesidad de una explicación más congruente con las observaciones se fue manifestando paralelamente al desarrollo de la navegación; muchos astrónomos lo sugerían, pero no proponían alternativas. Aun cuando tuviera errores la obra de Copérnico es la primera respuesta a las inquietudes de su época.

La obra de Copérnico DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM, se publica en 1543; aunque Copérnico había trabajado en ella mu-

¹⁴ Butterfield. *Los orígenes de la ciencia moderna*, México, - CONACYT, 1981.

chos años antes; parece ser que la idea del nuevo sistema la empezó a desarrollar desde principio del siglo XVI.

Su obra fue criticada por científicos importantes de su tiempo, en parte porque no se debía a un sistema nuevo de observación del universo, al contrario, respetaba prácticamente en su totalidad la teoría de Tolomeo. Fue Ticho Brahe el que introdujo en la astronomía un método de observación más preciso de los astros, no se conformó con observar a los planetas en sus puntos fijos, los seguía a lo largo de sus órbitas.

Kepler también criticó a Copérnico, pues para él, Copérnico sólo se dedicó a interpretar a Tolomeo y no percibió las maravillas de la naturaleza.

Copérnico buscó la depuración de la teoría de Tolomeo, aceptó por igual todos los aspectos aunque trasladó el centro del universo, de la tierra hacia el sol.

Resulta difícil, con base en los planteamientos anteriores, entender porqué Copérnico buscó una respuesta más lógica y científica al orden del universo, quizá fue resultado de sus observaciones; del estudio de la ciencia clásica, algunos historiadores afirman que le resultaba particularmente absurdo el uso de lo que Tolomeo llamaba ecuantas, con los que explicaba la existencia de un movimiento angular uniforme alrededor de un punto que no fuese el centro. Otro factor que debe haber influido en la concepción de Copérnico fue que estuvo en Italia durante los años más importantes del Renacimiento.

Dondequiera que encontrase el camino, lo cierto es que Copérnico se impuso la tarea de descubrir el mecanismo exacto de los cielos según la nueva hipótesis y de construir las matemáticas del esquema. Su teoría no era más que una forma modificada del sistema tolomeico, adaptando la misma maquinaria celeste, pero intercambiando una o dos de las ruedas por la transposición de los papeles de la tierra y del sol.¹⁵

¹⁵ *Ibidem*, p. 49.

La teoría de Copérnico no satisfizo plenamente a los astrónomos del siglo XVI, pues insistía en utilizar el antiguo sistema de esferas y epiciclos, y aunque redujo el número de esferas de 80 a 34, no explicó cómo era que la tierra describía un círculo perfecto alrededor del sol.

Kepler escribió de Copérnico:

Uno de los inconvenientes de su teoría era que después de todo su sistema no era exactamente heliocéntrico; la tierra no describía un círculo perfecto - cuyo centro fuese el sol, y es más, todos los movimientos de los cielos fueron calculados desde el centro de la órbita de la tierra, que quedaba algo ladeado, y no desde el propio sol. Esto era significativo porque infringía la antigua doctrina de que tiene que existir un núcleo central de materia sólida alrededor del cual girar, apoyándose en ella físicamente, como en un eje, todas las demás cosas: el cubo de la rueda tenía que ser algo más positivo que un nuevo punto matemático.¹⁶

Sin embargo, con todas las objeciones que pudieron surgir, el sistema de Copérnico resultaba más sencillo y más económico, aun cuando había muchos astrónomos que se resistieron a aceptar que la tierra se moviese; resultaba más sencillo comprender, como lo explicaba Copérnico, que todo el movimiento de los astros era en el mismo sentido, a que la tierra y los planetas giraran alrededor del sol con un tiempo de traslación proporcional a la distancia que los separaba de él; y sobre todo, que más sencillo que la tierra girara con un movimiento propio en lugar de que lo hiciera toda la esfera celeste.

Sobre todo los defensores de la teoría heliocéntrica hacían hincapié en la sencillez, en la facilidad de comprensión y de interpretación matemática de la misma.

Pero en el terreno de la Física surgieron más preguntas; por ejemplo, cómo era que al moverse la tierra no se pro

¹⁶ *Ibidem*, p. 50.

ducían corrientes en sentido contrario; cómo era que al arrojar un objeto hacia arriba no salía de la atmósfera, estas - preguntas se contestaron más tarde, las excelentes observaciones de Ticho Brahe y de Kepler contribuyeron a que las resolviera Galileo.

En realidad Copérnico respondía de manera muy simple a las preguntas que le hacían en torno a las leyes físicas que regulaban los movimientos de los astros; para él la respuesta era: todos los cuerpos esféricos tienen que girar; la tierra por ser esférica está condenada a girar y, además, decía que no solamente en la tierra había gravedad, que ésta existía - también en otros astros como la luna y el sol; respuestas que manifestaban que en Copérnico se debatían las ideas nuevas y el respeto por las ideas de Aristóteles.

Butterfield apuntó que en realidad Copérnico no inició una nueva etapa en la ciencia y en la filosofía; más bien la cerró, puesto que en él se encuentra también la influencia de los clásicos antiguos y cierta influencia teológica.¹⁷

Si Copérnico no trasciende en el terreno científico - por todas las fallas de su teoría, sí trascendió en el terreno filosófico, pues puso ante el mundo una nueva imagen del - universo, una imagen que chocaba con los principios de la -- iglesia y que obligaba a buscar un cambio en la misma jerarquía eclesiástica. Paradójicamente los enemigos de esta teoría fueron a la vez precursores en la Astronomía de nuevos métodos de observación más científicos y precisos, como Ticho - Brahe maestro de Kepler, que sin querer dio un paso adelante en la concepción de un nuevo sistema: el heliocéntrico.

Para 1616 el Santo Oficio calificó la teoría de Copérnico como falsa y totalmente opuesta a la Sagrada Escritura; se condenó su difusión como teoría astronómica, aunque se permitió que se enseñara como hipótesis matemática, y así quedó

¹⁷ *Ibidem*, p. 55.

hasta 1822 en que el Papado dio oficialmente autorización para la aceptación del nuevo orden del universo.

3. LA CIENCIA EN EL SIGLO XVI Y XVII

3.1. MEDICINA Y QUIMICA

En el Renacimiento nació una escuela de médicos humanistas que se abocó a buscar las fuentes originales de la medicina medieval que había sido muy influida por la medicina árabe. Revisaron los escritos originales de Hipócrates y Galeno. Algunos médicos cometieron el mismo error de los médicos medievales: se quedaron en la admiración de los médicos griegos y no entendieron que podían utilizarlos como base para desarrollar la medicina; sin embargo hubo otros que no satisfechos con estos conocimientos se dedicaron a la observación y la experimentación. De estos médicos surgieron los iatroquímicos, que se caracterizaron por relacionar la química con la medicina.

Uno de los primeros médicos que se atrevió a romper con la medicina de Galeno, fue Paracelso (1490-1541) médico suizo que en las minas de Tirol estudió las características de las rocas y los minerales y además, las condiciones de tal ambiente y su efecto y enfermedades en la vida del minero.

Fue un incansable viajero, investigador, recopilador de las diferentes formas de medicina que había en toda Europa; su actitud le creó algunos disgustos, sobre todo con los médicos de Basilea que seguían bajo la influencia de la medicina griega.

Von Hohenheim (Paracelso), consideraba de más valor las observaciones y experiencias propias del médico que los textos de Galeno y de Avicena, y afirmaba:

La mente humana no sabe nada sobre la naturaleza de las cosas por reunir las interiormente, el verdadero

maestro del médico es lo que ven sus ojos y lo que tocan sus manos. La ciencia se propone buscar a Dios en su creación y la medicina es el don de Dios a los humanos.¹⁸

Se convirtió en el guía de muchos médicos que utilizaban las drogas médicas, a diferencia de los seguidores de Galeno. La química se abrió paso gracias a los trabajos de los médicos y dejó atrás a la alquimia.

Los físicos también contribuyeron al desarrollo de la medicina. Sanctorius (1561-1636) modificó el termómetro de Galileo y lo adaptó para determinar la temperatura del cuerpo, e inventó un aparato para comparar el ritmo de las pulsaciones.

Uno de los primeros en aplicar los métodos de Galileo a los problemas fisiológicos fue su colega el profesor de medicina de Padua Santorio Santorio (1561-1636). Este describió un cierto número de instrumentos como el pulsilogium, o pequeño péndulo para medir la velocidad del pulso, y un termómetro clínico. Utilizó este último para estimar el calor del corazón de un paciente midiendo el calor del aire aspirado, que se suponía venía del corazón de un paciente midiendo el calor del aire aspirado, diseñó también instrumentos para medir la temperatura de la boca y otros para ser sostenidos en la mano. Su método de medida consistía en observar la distancia que recorría el líquido en el termómetro durante diez golpes de un pulsilogium. Como esto depende no sólo de la temperatura del enfermo, sino también de la velocidad de su circulación periférica, que aumenta con la fiebre, la medida de Santorio de la rapidez de la elevación de la temperatura era probablemente una excelente indicación de la fiebre.¹⁹

Francois Dubois (1614-1672), a quien se le conoce con el nombre de Franciscus Sylvius, fundó una escuela especial de iatroquímicos. Formuló la teoría química que afirmaba que la salud dependía de los líquidos del cuerpo, ácidos alcali-

¹⁸ Dampier, *op. cit.*, p. 143.

¹⁹ A.C. Crombie / II, *op. cit.*, pp. 198 y 199.

nos y sus mutuas combinaciones que producían una sustancia - suave, neutral. Ayudó a Lémery y Macquer a formular la diferencia entre ácidos y alcalinos. Con esto se inició la clasificación de los compuestos químicos.

3.2. ANATOMIA Y FISILOGIA

Desde el siglo XIII hubo médicos que se interesaron en practicar la disección; si bien al principio lo hacían siguiendo la guía de Galeno, en el Renacimiento se convirtió en una necesidad para el estudio de la Anatomía. Leonardo da Vinci aportó nuevas técnicas para la disección. "Su método comprendía la autopsia del cadáver, los cortes óseos, la preparación de modelos con su ulterior examen en cortes seriados, para tener un concepto espacial sobre los órganos y con dibujos contribuyó al conocimiento de los diferentes órganos del cuerpo humano."²⁰

En la escuela de Padua (Venecia) se construyó en 1490 el primer anfiteatro anatómico de Europa y fue ahí precisamente en donde se formó el revolucionario Andrés Vesalio (1514-1565). Vesalio nació en Bélgica y siempre se manifestó en contra del método de interpretación escolástico, declaraba - que el camino para conocer la Anatomía del cuerpo humano debía ser la observación y la experiencia.

Realizó estudios sistemáticos del cuerpo humano, utilizando siempre la disección. Su práctica lo llevó a rechazar la Anatomía de Galeno (encontró 200 errores), elaboró un tratado rico en ilustraciones llamado "DE CORPORIS HUMANI FABRICA LIBRI SEPTUM" (1543) considerado como el primer tratado de Anatomía en donde dejó plasmado su gran espíritu de investigador.

Su obra, como era lógico, provocó una gran discusión, por un lado se manifestaron los escolásticos defensores de Galeno

²⁰ M. Prives, et al., *op. cit.*, p. 30.

leno y por otro sus seguidores. La iglesia persiguió a Vesalio y lo condenó a marchar a Jerusalén en busca de la absolución de sus pecados.

3.3. FISILOGIA

La fisiología enfrentó una lucha más larga y cruel para deshacerse de la tutela de Galeno. Miguel Servet, médico aragonés, descubrió la circulación de la sangre a través de los pulmones, pero la explicación completa la daría William Harvey. Servet fue otro mártir de la época, Calvino lo condenó y quemó vivo en Ginebra.

William Harvey: nació en Folkestone en 1578, estudió en Gonville y Caius College, de Cambridge. El rey Calor I puso a su disposición su parque de ciervos para que realizara experimentos. Estuvo relacionado con príncipes y gentes de las cortes. En 1628 se publicó su libro EXERCITATIO ANATOMICA DE MOTU CORDIS ET SANGUINIS, volumen que contiene observaciones muy valiosas de los hombres y los animales vivos. Sus observaciones y experimentos le hicieron rechazar la Fisiología de Galeno.

Realizó múltiples disecciones para descubrir la circulación de la sangre. Su método siempre fue la experimentación, el problema de la circulación lo consideró un problema meramente de mecánica fisiológica, a diferencia de los fisiólogos que recurrían a la actuación de los espíritus naturales y vitales.

Harvey no fue el único fisiólogo interesado en describir de manera científica la circulación de la sangre. Vesalio de hecho, con sus investigaciones, había iniciado el camino pues fue el primero en criticar el concepto de Galeno sobre el paso de la sangre del corazón a su mitad izquierda, por supuestos orificios en dicho septo.

Realdo Colombo (1516-1559), discípulo de Vesalio, de--

mostró que la sangre llega al corazón izquierdo procedente - del derecho a través de los pulmones, por los vasos pulmona-- res.

Jerónimo Fabricio, maestro de Harvey, describió las - válvulas venosas en 1574, investigación que dio paso a la obra de Harvey.

Harvey se dedicó durante 17 años a realizar experimen-- tos e investigaciones acerca de la circulación de la sangre y en 1628 expuso sus resultados en un tratado llamado "Las in-- vestigaciones anatómicas sobre el movimiento del corazón y de la sangre de los animales".

El libro tuvo un gran impacto entre los fisiólogos de la época; se formaron dos corrientes distintas, las de los ga-- lenistas y la de los harveístas. Las lagunas dejadas por Har-- vey acerca del paso de la sangre, de las arterias a las venas, las resolvió años después Marcelo Malpighi (1628-1694) que - con ayuda del microscopio descubrió los hemocapilares que ha-- bían sido ya intuidos por Harvey.

Harvey en todo momento hizo uso de la inducción, de la observación directa y de la experimentación. Dampier conside-- ra que:

Observó que multiplicando la cantidad de sangre im-- pulsada a cada pulsación por el número de pulsacio-- nes que da el corazón en media hora, se ve que en - ese plazo de tiempo mueve el corazón la sangre con-- tenida en todo el cuerpo. De ahí deduce que la san-- gre tiene que abrirse camino de alguna forma desde las arterias hasta las venas para regresar por ellas al corazón.²¹

Harvey nos dice:

Empecé a preguntarme si no se trataría de un movi-- miento, como si dijésemo circular. Después descu-- brí que así era; en efecto, finalmente comprobé que la sangre, inyectada en las arterias por la acción

²¹ Dampier, *op. cit.*, p. 147.

del ventrículo izquierdo, iban a regar todo el cuerpo en general y cada una de sus partes en particular, así como la impele a través de los pulmones el ventrículo derecho a la arteria pulmonar derecha, y entonces pasa a través de las venas y a lo largo de la vena cava, y así hasta volver al ventrículo izquierdo en la forma ya indicada, un movimiento que muy bien podemos llamar circular.²²

Además del descubrimiento de la circulación de la sangre, hizo investigaciones en Embriología, fue el primero en establecer la ley de la biogénesis, describió el parto, la placenta y el cordón umbilical.

METODO DE INVESTIGACION UTILIZADO POR HARVEY

A fines de la Edad Media los científicos se percataron de que el camino de la ciencia estaba en la observación directa de los fenómenos y en la experimentación; fue en el terreno de la Anatomía en donde más se practicaban estos métodos. La disección se hizo indispensable en las aulas, pero se siguió practicando con los mismos lineamientos de Galeno. Fue más tarde que la Anatomía rompió con la ciencia de Galeno y formuló los principios de la Anatomía Moderna.

Desarrollar la fisiología era un problema más difícil, pues las disecciones se hacían en cadáveres y esto obstaculizaba el conocimiento de la función de los órganos.

La Universidad de Padua se distinguió por su práctica experimental; por sus aulas pasaron Vesalio, Colombo y Fabricio, y ahí también estuvo William Harvey que seguramente recibió una marcada influencia de sus antecesores. Prácticamente todos los científicos de la época y de siglos posteriores, entre ellos Copérnico y Galileo estuvieron vinculados con esta universidad que bien podemos llamar el semillero de la revolución científica.

En ella se desarrollaban discusiones e investigaciones

²² *Ibidem*, p. 147.

acerca del método científico. William Harvey aprendió el método experimental precisamente en esta universidad, lo desarrolló más, e introdujo un nuevo elemento en la investigación: el método comparativo que aplicaba una y otra vez en el estudio de una gran variedad de animales. Harvey no se quedó en la disección de cadáveres; para descubrir la circulación de la sangre tuvo que hacer disecciones en animales vivos. Para Harvey era fundamental el razonamiento cuantitativo más que cualitativo.

Comparó el corazón con una pieza mecánica, las observaciones que realizó le sugirieron una gran variedad de hipótesis, por lo que de inmediato diseñaba algún experimento que le permitiera llegar a su comprobación.

Para apreciar la obra de Harvey debemos compararla con la de sus predecesores y contemporáneos, que recurrían a la actuación de los espíritus naturales, vitales y animales para explicar las funciones del cuerpo. Harvey, en cambio, apenas si alude a esas concepciones; para él, el problema de la circulación es un problema de mecánica fisiológica; así lo plantea y así lo resuelve. Su segunda obra, DE GENERATIONE ANIMALIUM, aparecida en 1651, representa el avance más espectacular dado en embriología desde los tiempos de Aristóteles.²³

Hizo experimentos para saber de qué manera circulaba la sangre en los vasos; utilizando el método comparativo dedujo que los animales que no poseían pulmones carecían de ventrículo derecho en el corazón; comprobó con sus experimentos que la estructura fibrosa del corazón estaba ligada a movimientos de contracción y contricción del mismo.

Su acierto más importante consistió en descubrir la mecánica de la sangre, la circulación de ésta por todo el organismo; sus experimentos lo llevaron a deducir que en el transcurso de una hora bombeaba más sangre que el peso total del hombre, las preguntas que se planteaba eran: ¿dónde se produ-

²³ *Ibidem*, p. 147.

ce tanta sangre? ¿De dónde surge? ¿A dónde va? ¿Se producirá sangre nueva cada hora o es que en realidad la sangre circula saliendo del corazón y regresando de nuevo a él?

Harvey representa en la filosofía el enfoque cuantitativo de la ciencia que en la mecánica desarrolló Galileo; más tarde, nos dice Crombie, Descartes convirtió los principios - mecánicos desarrollados por Harvey en una completa fisiología de la naturaleza.²⁴

Para comprobarlo siguió el camino de la sangre desde - el ventrículo izquierdo del corazón por todo el cuerpo, comprobó la función de las válvulas cardíacas; explicó la diferencia entre la resistencia de las venas y las arterias y la función de las válvulas en las venas; dejó pendiente demostrar las ramificaciones de las arterias hasta las venas.

En una serpiente, cuyos vasos estaban dispuestos - convenientemente para la investigación experimental, al pinzar la vena cava el corazón se vaciaba y se volvía pálido, mientras que cuando la aorta se cerraba por el mismo procedimiento el corazón se dilataba y se ponía violáceo. Esto concordaba con la - disposición de las válvulas. En segundo lugar mostró, mediante experimentos con ligaduras, que la - misma cantidad de sangre que pasaba por el corazón era impulsada a través de las arterias hacia la periferia del cuerpo, y que allí la sangre circulaba con el mismo flujo continuo en una dirección solamente, pero en esas partes, iba de las arterias a las venas. En los miembros las arterias están situadas profundamente, mientras que las venas están próximas a la superficie. Una ligadura moderadamente apretada alrededor del brazo comprimía las venas, pero no las arterias, y constató que esto producía una distensión de la mano por la sangre acumulada. Una ligadura muy apretada detenía completamente el pulso y el flujo de sangre en la mano y no se observaba ninguna distensión. Finalmente mostró que la sangre retornaba al corazón por las venas. Las investigaciones anatómicas mostraron que las válvulas estaban dispuestas en las venas de modo que la sangre podía fluir solamente hacia el corazón.²⁵

²⁴ A.C. Crombie, Tomo II, *op. cit.*, p. 217.

²⁵ *Ibidem*, pp. 207 y 208.

Por fin allanó el camino para la fisiología; al descubrir la circulación de la sangre se podía iniciar el estudio del funcionamiento de los órganos; el papel de la alimentación; el porqué de la circulación, etcétera.

Pero la sociedad no aceptó tan fácilmente las nuevas ideas, tuvieron que transcurrir 50 años para que los estudios de Harvey fueran aceptados. El método utilizado por él, es prácticamente el mismo que se utilizó años más tarde por los representantes de la revolución científica.

El proceso del desarrollo científico revela una continuidad hasta el siglo XVII, si bien el siglo XVI y XVII ya no corresponden al Renacimiento, hay una estrecha relación con él. El comercio y la técnica se continuaron fortaleciendo; la vida urbana desplazó a la villa; la construcción naval se desarrolló rápidamente, generando los primeros técnicos en navegación; la relación entre la ciencia y la técnica se hizo más sólida, más estrecha; la industria de la lana se abrió camino; la agricultura se fortaleció con las nuevas técnicas. Se buscaron nuevas formas de energía, se utilizó por primera vez la hulla y se crearon técnicas para el uso del hierro.

Holanda e Inglaterra se disputaron los mejores mercados. Fue Inglaterra quien finalmente triunfó debido al desarrollo de la industria, el horizonte mostraba ya los colores de la Revolución Industrial que todavía tardó dos siglos más.

La ciencia se caracterizó por el uso de la observación y la experimentación; en el siglo XVI destacó Copérnico y posteriormente William Harvey, quienes dejaron su huella en la historia. La teoría heliocéntrica seguía siendo discutida, a partir de ella se generaron uno a uno, nuevos descubrimientos, como las primeras gotas de una lluvia incontenible que dio sus primeros frutos en el siglo XVII y una cosecha extraordinaria en el XIX. La humanidad se acercó a la luz de un nuevo día, la ciencia ya no podía retroceder; de ahí en adelante -

predominaron triunfos. En el camino quedaron los valientes, los mártires de la época, los que brindaron su vida por la - nueva ciencia: Vesalio, Giordano Bruno y Harvey.

Durante los siglos XVI y XVII la técnica sirvió para - ampliar los triunfos científicos; el telescopio y el microscopio se convirtieron en compañeros inseparables del astrónomo y del médico. Italia siguió siendo el centro cultural más importante aunque la ciencia se difundió por toda Europa.

Por dos siglos más se siguió discutiendo la teoría copernicana e inclusive, científicos que se manifestaban en su contra como Ticho Brahe y Kepler colaboraron para hacerla más clara y objetiva.

Ticho Brahe, aunque partidario, y esto por razones físicas muy válidas, de la concepción geocéntrica, aportó a la Astronomía y a la ciencia en general al go nuevo; un espíritu de precisión, precisión en la observación de los hechos, precisión en las medidas, en la fabricación de instrumentos de observación. Aún no es el espíritu experimental, de todos modos, es ya la introducción en el conocimiento del universo de un espíritu de precisión.²⁶

Kepler (1571-1630) utilizó las detalladas y precisas - observaciones de Ticho, para desarrollar su trabajo y crear - una concepción nueva de la conformación del universo.

Lo que es radicalmente nuevo en la concepción del - mundo de Kepler es la idea de que el universo esté regido en todas sus partes por las mismas leyes y - por leyes de naturaleza estrictamente matemática. Su universo es sin duda, un universo estructurado - en relación al sol y armoniosamente ordenado por el creador, que se manifiesta a sí mismo en él como en un símbolo, pero la norma que sigue Dios en la creación del mundo está determinada por consideraciones estrictamente matemáticas o geométricas.²⁷

Kepler descubrió que la velocidad de los movimientos - de los planetas está sujeta a variaciones periódicas, no uniformes, y se abocó a buscar las causas físicas de este fenómeno.

²⁶ Koyré, *op. cit.*, p. 46.

²⁷ *Ibidem*, p. 47.

Los datos que utilizó de su maestro no concordaban con la idea tolemaica del mismo Copérnico sobre los círculos perfectos. Seguramente elaboró varias hipótesis y después de muchas observaciones llegó a la conclusión de que el movimiento que observaba en el planeta Marte, sólo se podía explicar por medio de una elipse, en la cual el sol ocupa uno de sus focos.

Kepler es un científico que encaja en el perfil del científico del Renacimiento, combinaba observaciones precisas y cálculos matemáticos con la concepción animista del universo.

Al descubrir que los planetas no se mueven con velocidad uniforme, trató de encontrar de algún modo un orden, y se le ocurrió la idea de que si trazamos una línea desde el planeta hasta el sol, esa línea describiría un área constante en períodos constantes de tiempo.

Kepler creía en el orden y en la armonía de los números, y fue durante sus intentos de determinar la música de las esferas cuando descubrió, entre otras muchas cosas, la tercera de la serie de sus leyes planetarias, la que había de ser verdaderamente útil y permanente; a saber que los cuadrados del período de la órbita eran proporcionales a los cubos de su distancia media hacia el sol.²⁸

Leyes planetarias de Kepler:

1. Los planetas describen órbitas elípticas, en uno de cuyos focos está el sol.
2. La recta que va del planeta al sol barre áreas iguales en tiempos iguales.
3. Los cuadrados de los tiempos que tardan los planetas en describir sus órbitas, son entre sí los cubos de sus distancias medias al sol.²⁹

Sin proponérselo contribuyó a la concepción que más tarde desarrolló Galileo sobre la concepción del universo geométrico; sus limitaciones resultan de un desconocimiento de la Física y Matemáticas de Arquímedes. Su concepción animis-

²⁸ Butterfield, *op. cit.*, pp. 96 y 99.

²⁹ Jorge Maksabedián, *op. cit.*, p. 9.

ta le impidió aceptar la idea del infinito en el universo. Todavía concebía a éste limitado por una bóveda.

Las hipótesis de las órbitas elípticas, y las otras dos leyes con las cuales explicó Kepler la velocidad de los planetas al describir sus trayectorias, no solamente destruyeron la principal objeción astronómica a la hipótesis de Copérnico, sino que también asestaron un golpe mortal a la concepción pitagórico-platónica sobre la necesidad de que los cielos tuvieran únicamente movimientos perfectos, es decir circulares, que incluso Copérnico había mantenido. Sin embargo, estos cálculos puramente astronómicos de Kepler no fueron el elemento decisivo para producir la gran revolución en el pensamiento humano, que condujo al establecimiento de una concepción del universo enteramente nueva; pero sí constituyeron la base observacional de la explicación -- cuantitativa y dinámica que fue elaborada por Newton.³⁰

Quedaba todavía por descubrir la ley de la inercia. Kepler no pudo hacerlo. Tocó a Galileo realizar la gran empresa y pudo lograrlo porque es el primer científico que rompió de manera radical con el misticismo de la ciencia que caracterizó a los científicos del Renacimiento.

Galileo es antimágico en el más alto grado. No experimenta ningún gozo ante la variedad de las cosas. Por el contrario, lo que le anima es la gran idea -- arquimedea de la Física-Matemática, de la reducción de lo real a lo geométrico. De este modo geometriza el universo, es decir identifica el espacio físico con el de la geometría euclidiana. Por esto supera a Kepler. Debido a esto es capaz de formular el concepto de movimiento que sirve de base a la dinámica clásica.³¹

4. LA NUEVA CONCEPCIÓN DEL MOVIMIENTO

La ciencia durante el siglo XVII pasa de ser una colección de datos y experiencias aisladas que si bien son elementos de la investigación, no constituyen la ciencia moderna; -

³⁰ John D. Bernal, *op. cit.*, p. 406.

³¹ Koyré, *op. cit.*, p. 49.

Ésta se caracterizó por ordenar, interpretar y explicar las - observaciones y experiencias y someterlas a un tratamiento - teórico.

Koyré nos dice: La experimentación es un proceso teleológico cuyo fin está determinado por la teoría. El activismo de la ciencia moderna sólo es la contrapartida de su desarrollo teórico.³²

La investigación científica cambia el sentido cualitativo característico de la Edad Media, a un sentido cuantitativo. Las matemáticas se convierten en elemento indispensable de la ciencia. Galileo es su principal representante.

Los científicos partidarios del método inductivo y de la observación directa de los problemas, se alejaron de las - concepciones aristotélicas, que no respondían a sus necesidades, mientras que los escolásticos insistían en explicar todos los fenómenos físicos en base a las concepciones de Aristóteles.

Aristóteles fue un hombre de su tiempo, su obra no puede quedar disonante por la actitud reaccionaria de los filósofos escolásticos de los siglos XIII y XIV que más que considerarla como punto de partida la consideraban como la verdad absoluta; vivió en la época clásica y las condiciones de la - ciencia, de la sociedad y de la técnica habían variado considerablemente. Por esto es que los filósofos valientes que no se conformaron con las respuestas que dio merecen un lugar especial en la Historia de la Ciencia.

Para los científicos fue muy difícil cuestionar la -- obra de Aristóteles pues, aunque en algunos ejemplos utilizaba casos muy simples, sus cimientos estaban apoyados por el - sentido común y por una sólida concepción filosófica. Es una obra con una gran cantidad de enlaces complicados en su con--

³² *Ibidem*, p. 275.

cepción acerca del movimiento, tan difícil fue que transcurrieron tres siglos hasta que Galileo resolvió de manera definitiva problemas de la Mecánica como los de la inercia.

De todas las vallas intelectuales que se ha encontrado en su camino la mente humana, y que ha superado en los últimos 1500 años, la que me parece haber tenido un carácter más extraordinario y la más formidable de todas por lo que respecta a sus consecuencias, es la que se relaciona con el problema -- del movimiento, la que quizá Galileo no llegó a superar, aunque quedase determinada en su forma definitiva poco después de su tiempo, al quedar establecida la que, como aprende en la escuela cualquier niño, llamamos "ley de la inercia".³³

La teoría aristotélica que planteaba que todos los -- cuerpos terrestres poseían un movimiento natural hacia el centro del universo y que cualquier movimiento contrario, que no respondía a la tendencia ordinaria de un cuerpo hacia su sitio natural, perduró hasta el siglo XVII.

La peculiaridad más importante de esta teoría radicaba en considerar el movimiento de un cuerpo como resultado de la acción de un agente, que por contacto físico lo impulsaba y -- que al dejar de actuar este agente, el movimiento se interrumpía; la aceleración no se consideraba. Se creía que mientras el agente actuara, el movimiento sería uniforme, cuando se -- presentaba una variación, se atribuía al medio (agua o aire) en el que se desplazaba el cuerpo.

Formular un nuevo concepto del movimiento de inercia -- no fue una empresa fácil, difícilmente se podía haber llegado a ella sin una mente clara como la de Galileo porque requería no sólo de la observación directa de los objetos (lógicamente imposible), sino de la formulación de una hipótesis matemática que representara condiciones ideales que en la realidad no existían.

Butterfield lo explica de manera muy interesante:

³³ Butterfield, *op. cit.*, p. 16.

A Galileo se le ocurrió imaginárselos. Pero es más, incluso cuando el hombre estaba ya cerquísima de lo que podríamos llamar la verdad respecto al movimiento, no consiguió discernir hasta sus últimas consecuencias, no consiguió obtener una imagen clara y límpida de la cosa hasta que no llegó a percatarse y tener plena conciencia del hecho, de que en realidad, lo que estaba haciendo era transportar la cuestión a otro campo nuevo. No estaba ya discutiendo de cuerpos reales tal y como los vemos en el mundo perceptible, sino de cuerpos geométricos que se movían en un mundo en el que no había ni resistencia, ni gravedad que se movían en el vacío infinito del espacio euclidiano que Aristóteles consideraba imposible.³⁴

Butterfield hace hincapié en que para llegar a esta actitud del pensamiento científico de Galileo se necesitaba -- avanzar notablemente en la explicación de un fenómeno, traspasar el nivel de la observación directa y pasar a la formulación de hipótesis susceptibles de llevar a la formulación de modelos matemáticos y más tarde a la comprobación experimental.³⁵

4.1. GALILEO Y LA REVOLUCION CIENTIFICA DEL SIGLO XVII

Galileo Galilei (1564-1642). Se considera el precursor del método científico experimental y el representante más importante de la ciencia moderna. No fue el primero en utilizar el método experimental, pero sí, es el primero en pasar - de la mera experiencia, del sentido común, a la formulación - de modelos matemáticos que representaban condiciones ideales imposibles de percibir por los sentidos. Las matemáticas son su herramienta principal.

El libro de la naturaleza está escrito en caracteres geométricos, declaraba Galileo, lo cual implica que, para alcanzar sus objetivos, la ciencia moderna se encuentra forzada a reemplazar el sistema de conceptos flexibles y semicualitativos de la cien--

³⁴ *Ibidem*, pp. 18 y 19.

³⁵ *Ibidem*, p. 19.

cia aristotélica por un sistema de conceptos rígidos y estrictamente cuantitativos. Lo cual significa que la ciencia moderna se constituye sustituyendo el mundo cualitativo, o más exactamente mixto, del sentido común (y de la ciencia aristotélica) por un mundo arquimedeano de geometría hecho realidad o lo que es exactamente lo mismo, sustituyendo el mundo del más o menos, que es el de nuestra vida cotidiana, por un universo de mediciones y precisión.³⁶

Galileo decidió estudiar el problema de la permanencia del movimiento porque era una de las cuestiones objetadas a la teoría de Copérnico sobre la rotación de la tierra.

Koyré nos dice que para nosotros es realmente sencillo pensar en la ley de la inercia; en las leyes en general que explican el movimiento; pero en la época de Galileo no sucedía así, las matemáticas no eran utilizadas en la formulación de hipótesis al estudiar los fenómenos físicos. En sus palabras:

Estamos tan acostumbrados a la utilización de las matemáticas para el estudio de la naturaleza que no nos damos cuenta de la audacia de la aserción de Galileo de que "El libro de la naturaleza está escrito en caracteres geométricos" como tampoco somos conscientes del carácter paradójico de su decisión de tratar la mecánica como una rama de la matemática, es decir de sustituir el mundo real de la experiencia cotidiana por un mundo geométrico hipostasiado y explica lo real por lo imposible.³⁷

La física moderna; nace con el estudio del movimiento y extrañamente está ligada con el estudio de la Astronomía. Precisamente es en el principio de inercia donde tiene su raíz fundamental. El principio de inercia aparentemente es sencillo.

Un cuerpo en reposo permanecerá eternamente en reposo a menos que sea puesto en movimiento, continuará

³⁶ Koyré, *op. cit.*, p. 276.

³⁷ *Ibidem*, p. 183.

moviéndose y se mantendrá en un movimiento rectilíneo hasta que alguna fuerza exterior le impida hacerlo.³⁸

Resultó muy difícil para los científicos del siglo XVII formular el principio de la inercia, porque conlleva un cambio radical en el modo de pensar, en la filosofía, en la concepción del mundo. Había que aceptar la idea del infinito y además aunque ya se utilizaba la experimentación, ésta no era suficiente para demostrar ese principio. Koyré nos dice que el principio de inercia presupone:

- A) La posibilidad de aislar un cuerpo dado su entorno físico, y considerarlo como algo que se realiza simplemente en el espacio.
- B) La concepción del espacio que le identifica con el espacio homogéneo infinito de la geometría euclidiana.
- C) Una concepción del movimiento y del reposo que los considera como estados y los considera como estados ontológicos del ser.³⁹

Para lograr la formulación de un nuevo concepto de inercia, Galileo tuvo que sustituir los hechos observados, por una abstracción geométrica, esto fue el acierto de Galileo que produjo toda una revolución en la Física: el estudio de la Dinámica.

La revolución de la Dinámica en el siglo XVII fue producida por la situación del concepto de inercia, esto es, que el movimiento rectilíneo uniforme es meramente un estado de un cuerpo y es equivalente al reposo, en vez del concepto aristotélico del movimiento como un proceso de devenir que requería para su permanencia una causa eficiente continua.⁴⁰

Pero volviendo a los orígenes de ese problema: el movimiento, apuntaremos que, como mencionamos anteriormente, Galileo creía en la teoría heliocéntrica, una forma de demostrar-

³⁸ *Ibidem*, pp. 181 y 182.

³⁹ *Ibidem*, p. 184.

⁴⁰ A.C. Crombie, Tomo II, *op. cit.*, p. 125.

la era estudiar el fenómeno del movimiento. Copérnico había dado respuestas falsas a las dudas sobre el movimiento de la tierra, se basaba en las concepciones aristotélicas y decía - que la tierra se movía porque así era su naturaleza. Galileo no recurrió a estas ideas, consideró la naturaleza susceptible de explicar y medir, y basado en estos principios hizo su ya la defensa de la teoría de Copérnico.

Galileo había meditado mucho tiempo el problema del movimiento; desde joven en Pisa se había manifestado en contra de las teorías aristotélicas y seguidor de Arquímedes. Al abordar el problema no es el único y el primero, ya desde el siglo XIV se habían iniciado una serie de discusiones en torno a este fenómeno, pero no había sido resuelto.

El acierto de Galileo es su concepción cuantitativa - del universo. Afirmaba que estaba constituido por entidades matemáticas y sus leyes y que éstas podían ser explicadas.

Galileo, a diferencia de sus contemporáneos, consideraba fundamental el uso de las matemáticas y el experimento -- siempre y cuando estuviera este último estrechamente ligado a la teoría. Su aportación a la metodología fue la formulación de modelos matemáticos que describían situaciones físicas -- ideales y que posteriormente lo llevaban a la experimentación:

El discernimiento teórico del experimento se manifiesta en Galileo en el enfoque idealizado de los - hechos experimentales. La esencia de este enfoque consiste en el planteamiento de un modelo ideal del experimento que permita conocer en forma pura importantes dependencias de los fenómenos investigados, lo que se logra mediante la abstracción respecto a todos los factores ajenos que tergiversan el experimento real.⁴¹

4.2. EXPERIMENTO DEL PLANO INCLINADO

⁴¹ Aróstegui, J. Manuel, et al., *op. cit.*, p. 73.

ANTECEDENTES

1. La necesidad de demostrar la teoría heliocéntrica. Era necesario explicar cómo ocurría la rotación de la tierra sin producir corrientes de viento en sentido contrario, así - como la razón por la cual los cuerpos arrojados hacia el aire no abandonan la atmósfera.

Para poder desarrollar un nuevo concepto de movimiento, Galileo tenía que:

1. Refutar la teoría de Aristóteles: las velocidades de los cuerpos en caída libre son proporcionales a sus pesos e inversamente proporcionales a la resistencia de los medios en que se mueven.

Refutar esta teoría requería de un estudio serio de - los cuerpos en movimiento libre, problema que también daría - respuesta al de la trayectoria de los proyectiles.

Galileo tomó en cuenta sus experiencias instintivas:

- a) La caída de un cuerpo se sigue tanto más difícilmente con la vista cuanto mayor es la altura;
- b) Es más sensible el choque de la mano que lo recibe y más fuerte al golpear con un objeto.

Galileo formuló varias hipótesis:

1. La primera que más tarde demostró que era errónea: el movimiento uniformemente acelerado es aquél en el -- cual los incrementos de velocidad eran proporcionales a los - caminos recorridos.

2. Posteriormente formuló una nueva hipótesis: la velocidad proporcional al tiempo de caída; este planteamiento era muy difícil de probar, pues la velocidad no es medible. En cambio podía investigar de qué manera el espacio de caída crece con el tiempo de caída, y decidió trabajar en el último problema.

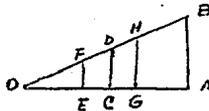
Al emprender este camino Galileo se enfrentaba a serios problemas conceptuales, el sentido común se inclinaba por aceptar las teorías aristotélicas, y por otro lado la geometrización del universo defendida por Galileo no era todavía reconocida, aunque ya desde el siglo XIV surgió una corriente de científicos interesada en utilizar la geometría como instrumento de la Física y la Astronomía. Wartofsky afirma que Galileo, para realizar esta investigación, se basó en axiomas ya conocidos desde el siglo XIV.

Galileo formuló dos teoremas como punto de partida:

Teorema I. "El tiempo en que un cuerpo recorre un espacio partiendo del reposo y acelerándose de modo uniforme, es igual al tiempo en que el mismo espacio sería recorrido por el mismo cuerpo moviéndose con una velocidad uniforme, de valor igual a la medida en que la velocidad máxima y la velocidad que llevaba antes de que comenzó a producirse la aceleración."⁴²

Representación geométrica del teorema:

Sobre una recta determinó segmentos representativos de los tiempos transcurridos. Por los extremos de esos segmentos levantó perpendiculares ordenadas que representan las velocidades adquiridas



Los segmentos OG, OC, OE representan los tiempos transcurridos

Los segmentos GH, FE, CD representan la velocidad adquirida

La velocidad CD = mitad de la velocidad final AB

⁴² Marx W. Wartofsky. *Introducción a la filosofía de la ciencia*, Tomo II, España, Alianza Editorial, 1973, p. 582.

Consideró dos instantes E y G igualmente alejados del momento C, antes y después de él, y afirmaba: la velocidad HG aumenta respecto a la media CD una cantidad igual a la que ha disminuido EF. Para cada momento anterior a C corresponde - uno equidistante posterior a C. Por lo tanto lo que se ha - perdido en la primera mitad del movimiento respecto del movimiento uniforme, se recupera en la segunda mitad. Se considere que reducido el espacio de caída al de un movimiento uniforme, con la velocidad mitad de la velocidad final.

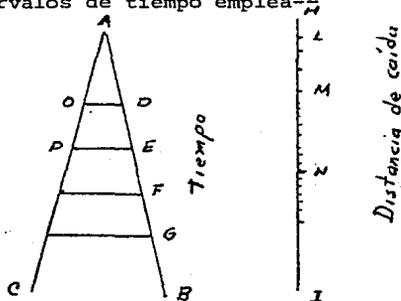
Siendo la velocidad final V proporcional al tiempo de caída T obtenemos $V=gt$

g = velocidad final adquirida en la unidad de tiempo (aceleración) espacio de caída = $s = \frac{gt}{2}$ ó $s = \frac{gt^2}{2}$

El movimiento que manifiesta que en tiempos iguales la velocidad sufre incrementos iguales se denomina "uniformemente acelerado".

Teorema II, Proposición II: "La relación entre los espacios recorridos por un cuerpo que cae, partiendo del reposo, con movimiento uniformemente acelerado es igual a la relación entre los cuadrados de los intervalos de tiempo empleados en recorrer esas distancias."⁴³

Representación geométrica



AB = tiempo de caída

AC = movimiento uniformemente acelerado

⁴³ *Ibidem*, p. 583.

A lo largo de AB se representan los grados crecientes de velocidad a intervalos iguales.

HI = distancia de caída con las notaciones L, M, N, e I que representan los cuadrados de los números 1, 2, 3, 4; y lo que afirma el teorema es, precisamente, que las distancias HL, HM, HN, HI guardan entre sí la misma relación que AD^2 , AE^2 , AF^2 , AG^2 .

Galileo se imaginó el movimiento en condiciones ideales, partiendo de los modelos matemáticos procedió a la demostración experimental.

Un primer problema a resolver fue el cómo seguir y -- cuantificar la caída en un plano vertical, pues éste resulta muy difícil incluso para seguir con la vista por la rapidez con que se realiza. Para resolver este problema decidió retardar el tiempo de caída utilizando un plano inclinado, suponiendo que en estas condiciones podría cuantificarlo, pues un objeto en caída vertical recorre la misma altura que en un plano inclinado, pero como mencionamos antes, en un tiempo mayor.

Utilizó un plano inclinado y marcó diferentes longitudes: 1, 4, 9, 16, etc., los tiempos de caída estaban representados por los números 1, 2, 3 y 4. Para efectuar la medición de los tiempos, diseñó un reloj muy sencillo que consistía en un vaso de gran sección con agua, en cuyo fondo había un orificio que se podía cerrar con el dedo. En cuanto la esfera iniciaba su movimiento por el plano inclinado, abría el orificio y dejaba que el agua cayera sobre una balanza; cuando la esfera terminaba su trayectoria, volvía a cerrarlo. Como la presión no variaba sensiblemente debido a la gran sección, el peso del agua era proporcional al tiempo. Pudo entonces mostrar efectivamente que mientras los tiempos crecían uniformemente, los espacios de caída progresaban en forma cuadrática. De esta manera quedaban demostrados los teoremas

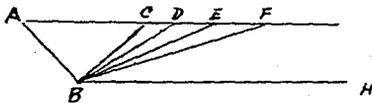
$$d = \frac{gt^2}{2}$$

Ernst Mach nos dice que Galileo utilizaba en sus investigaciones el principio de continuidad. Con los resultados obtenidos en un experimento modificó mentalmente algunos factores y llegó a nuevas conclusiones.

Con los resultados del experimento del plano inclinado, Galileo imaginó un cuerpo que en caída libre desciende por un plano inclinado AB, si se coloca otro plano BC, el cuerpo subirá debido a la velocidad de caída adquirida. Si vamos colocando otros planos cada vez más cerca de la horizontal, el cuerpo subirá siempre hasta el plano horizontal de A, y caería por B \bar{d} con menor aceleración que por BC y sube también por B \bar{d} con menor retardo. Afirmaba, cuanto más se acercan los planos a la horizontal, menor es el tiempo de retardo de los cuerpos y mayor la longitud y la duración del movimiento.

En el plano horizontal BH el retardo desaparece totalmente (sin frotamiento, ni resistencia del aire).

Con esta deducción Galileo llegó a la formulación de un nuevo concepto de inercia, según el cual un cuerpo sobre el que no actúen circunstancias que modifiquen el movimiento conservará indefinidamente su dirección y velocidad.⁴⁴



En su nueva concepción estaba impresa la idea de infinito.

4.3. EL METODO UTILIZADO POR GALILEO

Con las investigaciones de Galileo sobre el movimiento se dio un paso definitivo en el estudio de los fenómenos fisi

⁴⁴ Ernst Mach, *op. cit.*, pp. 117 y 118.

cos; su nueva concepción permitió desarrollar la investigación y la metodología; serán Newton y más tarde Einstein los que completan la era de la Física Moderna iniciada por Galileo.

Una de las adquisiciones más importantes en la historia del pensamiento humano, la que sienta el verdadero punto inicial de la Física, se debe a Galileo, al descubrir y usar el método de razonamiento científico. Este descubrimiento nos enseñó que no debemos creer siempre la observación inmediata, -- pues ello conduce a menudo a equivocaciones.⁴⁵

En esto radica la importancia de Galileo; para él no bastó el sentido común, la percepción sensitiva, la experiencia aislada. Butterfield lo describe muy acertadamente, "se necesitaba trasponer el nivel de la observación directa de los fenómenos" "CITA ANT. PAG. 142. Lo logra con sus experimentos mentales, con la formulación de los modelos matemáticos. La ley de la inercia no se pudo haber demostrado basándose solamente en los sentidos, se necesitó como dice Einstein "una especulación del pensamiento".⁴⁶

Aróstegui resume así el método utilizado por Galileo:

1. Partiendo de los datos de las investigaciones y del experimento burdo, se crea el modelo ideal del experimento, que es realizado más tarde, y de ese modo queda precisado.
2. Mediante las reiteradas repeticiones del experimento se obtiene el promedio de las magnitudes medidas, en las que se introducen correlaciones teniendo en cuenta los diversos factores perturbadores.
3. Las magnitudes obtenidas por medio del experimento son el punto de partida al formular la hipótesis matemática, de la que se deducen las consecuencias mediante razonamientos lógicos.
4. Estas consecuencias se comprueban después en el experimento y sirven de confirmación indirecta de la hipótesis adoptada.⁴⁷

⁴⁵ A. Einstein y L. Infeld. *La Física, aventura del pensamiento*, Buenos Aires, Ed. Losada, S.A. 1939, p. 15.

⁴⁶ *Ibidem*, p. 17.

⁴⁷ Aróstegui, *et al.*, *op. cit.*, p. 75.

5. CONCLUSIONES

Galileo con su genialidad y su método científico inició una nueva era para la ciencia: la moderna. Hizo de las matemáticas el instrumento más importante para la investigación científica. Modificó la concepción cualitativa del universo por una concepción cuantitativa, dejó atrás la ciencia de las meras descripciones para inaugurar una época en la que la naturaleza debía ser estudiada y cuantificada.

Le dio un nuevo sentido a la experimentación, la utilizó para comprobar sus hipótesis que previamente convertía en modelos matemáticos. A pesar de las limitaciones propias de su época supo entender la relación fundamental entre el aspecto teórico y práctico de la investigación. Su método lo llevó a la formulación de leyes (ley de la caída libre).

Galileo pensó que sus trabajos sobre el movimiento serían suficientes para demostrar la teoría copernicana; además sus observaciones astronómicas le confirmaban la razón de esta teoría. Había descubierto los satélites de Júpiter, que para él representaban un modelo del sistema solar heliocéntrico y además midió la variación de los diámetros aparentes de Venus y Marte.

Desgraciadamente la Iglesia se opuso en forma radical a aceptar la nueva teoría y por lo tanto a las demostraciones de Galileo.

Galileo alertó a los teólogos contra el peligro de poner al creyente en la embarazosa situación de tener que creer como verdad lo que sus sentidos y las demostraciones científicas podrían demostrarle que era falso, o de cometer un pecado si se creía lo que su razón le demostraba ser cierto.⁴⁸

⁴⁸

A.C. Crombie, Tomo II, *op. cit.*, p. 185.

Fue encarcelado y sometido a un largo y doloroso juicio, durante casi 8 años luchó con sus argumentos científicos, pero la iglesia no lo escuchó, condenó la obra de Copérnico y la de Galileo.

Sin embargo, las condiciones ya estaban creadas, la so ci ed ad sufrió cambios muy importantes. La ciencia adquirió un nuevo rumbo, una nueva filosofía, un nuevo carácter y sobre todo influencia en su entorno social, económico y político. La lucha con la iglesia continuó en algunos países pero la sociedad feudal había sido prácticamente desplazada por el capitalismo que pugnaba ya por desarrollar la industria.

CONCLUSIONES

Luego de recorrer las diferentes etapas de la historia del hombre, queda de manifiesto el origen, desarrollo y evolución del método científico experimental. En este trabajo se plantean sólo generalidades pues el tema es muy extenso, pero consideramos que el camino queda abierto para la realización de múltiples investigaciones en torno al método y la historia de la ciencia, mi experiencia me hace pensar en la necesidad de una relación interdisciplinaria que haría la investigación más fructífera.

Por ahora la aportación es muy modesta pero suficiente para demostrar la hipótesis planteada. La historia de la ciencia es una alternativa viable para la enseñanza del método científico experimental. En cada etapa estudiada queda clara la correlación entre el método, la ciencia, y el entorno social, económico y político que responde a características muy específicas. Unas veces la sociedad impulsa el desarrollo del conocimiento y otras es la ciencia la que juega el papel de motor en la sociedad, pero siempre en una relación recíproca indisoluble.

La técnica también ha sido un factor de avance para la ciencia y la metodología, en las épocas en que estos dos aspectos han quedado separados el avance para ambos ha sido mínimo.

El origen del trabajo y de la técnica lo encontramos en la era paleolítica, el hombre en la búsqueda de la satisfacción de sus necesidades inició el conocimiento de la naturaleza a través de su práctica cotidiana, aprendió a través de la experiencia. Su concepción de la naturaleza estuvo limitada a la satisfacción del comer y de la protección de los elementos naturales.

La transmisión y desarrollo del conocimiento empírico quedó asegurado por la vida social del hombre.

Cuando él descubrió la reproducción de las plantas, se abrió una nueva era llena de posibilidades en las que desarrolló actividades diferentes y adquirió a través de éstas, nuevos conocimientos. Si bien no había todavía en esta etapa una separación entre la actividad laboral y la cognoscitiva, pues las características del conocimiento empírico espontáneo prevalecían, fue capaz de desarrollar las bases de ciencias tan importantes como la astronomía y las matemáticas y además acumuló una gran cantidad de conocimientos que en manos de los griegos se convirtieron en la ciencia racional.

La época clásica con la ciencia griega, que se considera la cuna de la civilización occidental, fue la partera de la ciencia racional. Todos los conocimientos aportados por las culturas neolíticas necesitaban organizarse y clasificarse; los griegos lo hicieron y además formularon a partir de ellos una gran cantidad de conceptos y establecieron generalizaciones. Crearon el primer método para la ciencia, el deductivo; su concepción de la naturaleza revela una idea de totalidad, la naturaleza era un todo. Las ciencias no estaban separadas, y estaban unidas a la filosofía.

Como consecuencia, no hacían una separación de los fenómenos, obviamente no delimitaban los objetos de estudio, la observación era más bien una contemplación. Fue hasta la etapa helenística que el genio de Arquímedes por primera vez separó del todo que constituía la ciencia, la mecánica y las matemáticas, lo hizo utilizando un método distinto, el inductivo. Su relación con la técnica lo condujo al estudio de fenómenos particulares que además desbarató en sus componentes a través del experimento. Desgraciadamente quedó sólo como ejemplo aislado, como una forma de hacer ciencia, pero no generalizada.

Las condiciones de la Edad Media imposibilitaron más aún el rescate de la ciencia arquimedea, su objeto de estudio, la teología borró todas las posibilidades de desarrollar la ciencia. Esta época se conoce como la edad del oscurantismo. La ciencia griega con sus magníficos aportes quedó olvidada en Europa.

En el Oriente ocurrió un fenómeno diferente, los árabes fundaron un imperio: el Islam, en el que conjugaron varias culturas y se dedicaron a desarrollar la ciencia; tradujeron los textos de los griegos, difundieron la cultura clásica y construyeron una ciencia nueva producto de las influencias de culturas distintas.

Gracias a ellos Europa Occidental conoció la ciencia griega. Este fenómeno, junto con el cambio en la economía (comercio y navegación) crearon las condiciones para que se formaran las contradicciones que dieron origen al Renacimiento.

Ya en el siglo XIII las universidades se abocaron a la búsqueda de nuevos métodos para la ciencia. Grosseteste y Bacon crearon el método inductivo defendiendo en todo momento la necesidad de la experimentación y contribuyeron a la separación de ciencias como la física y la química.

Leonardo da Vinci y Copérnico se enfrentaron con sus investigaciones a los filósofos escolásticos y a la autoridad eclesiástica, allanaron el camino para Kepler y Harvey que en el siglo XVI y principios del XVII dieron los primeros frutos de una ciencia separada de las concepciones teológicas; sustentada en el método experimental.

La ciencia moderna basada en un método científico nuevo que conjuga todos los métodos desarrollados a lo largo de la historia del hombre: la deducción, la inducción sujeta siempre a una relación dialéctica, la experimentación y la tematización del universo propuesta por Galileo, convirtió el

saber cualitativo de los escolásticos en saber cuantitativo. A partir de entonces (siglo XVII), la naturaleza pudo ser estudiada en sus componentes y además cuantificada. Esta fue la gran aportación de Galileo, con su genio creó un método -- nuevo para la ciencia: el moderno, y dio origen al enorme desarrollo cualitativo y cuantitativo de la ciencia que continúa hasta nuestros días.

BIBLIOGRAFIA

1. Afnan S.F. *El pensamiento de Avicena*, México, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1965.
2. Aróstegui, J. Manuel *et al.* *Metodología del conocimiento científico*, México, D.F., Ed. Presencia Latinoamericana, S.A., 1981.
3. Bell E.T. *Historia de las Matemáticas*, México, D.F., Fondo de Cultura Económica, 1949.
4. Bernal, John D. *La Ciencia en la Historia*, México, UNAM, 1972.
5. Bronowski, J. *El ascenso del hombre*, México, Fondo de Cultura Económica, 1973.
6. Butterfield, Herbert. *Los orígenes de la ciencia moderna*, México, CONACYT, 1981.
7. Cahen, Claude. *El Islam. Desde los orígenes hasta el colapso del Imperio Otomano*, México, D.F., Siglo XXI, 1982.
8. Cid, Felipe. *Enciclopedia Historia de la Ciencia*, Tomo I, Barcelona, Ed. Planeta, 1977.
9. Crombie, A.C. *Historia de la ciencia de San Agustín a Galileo*, Tomo I, Madrid España, 1974.
10. A.C. Crombie. *Historia de la Ciencia de San Agustín a Galileo*, Tomo II, Madrid España, 1974.
11. Dampier William Cecil. *Historia de la Ciencia*, Madrid, Ed. Tecnos, 1972.
12. Dekonski, A. *Historia de la Antigüedad. Grecia*, México, D.F., Ed. Grijalbo, 1966.
13. Derry T.K., *et al.* *La Historia de la Tecnología*, Tomo I, México, Siglo XXI, 1982.
14. Einsten, A. y L. Infeld. *La Física. Aventura del Pensamiento*, Buenos Aires, Ed. Losada, S.A.
15. Engels, Federico. *Dialéctica de la Naturaleza*, México, D.F., Ed. Grijalbo, 1970.
16. Mach, Ernst. *Desarrollo Histórico Crítico de la Mecánica*, Buenos Aires, Espasa-Calpe, Argentina, S.A., 1949.

17. Gaymonat, Ludovico. *El pensamiento científico*, Argentina, Eudeba, 1972.
18. Gortari, Eli. *El Método Dialéctico*, México, D.F., Ed. - Grijalbo, 1966.
19. Huberman, Leo. *Los bienes terrenales del hombre*, Buenos Aires, Argentina, Espasa-Calpe Argentina, 1961.
20. Koyré, Alejandro. *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, México, Ed. Siglo XXI.
21. Kovaliov, S.I. *Historia de Roma*, La Habana, Cuba, Ed. Revolucionaria, Instituto del Libro, 1968.
22. Levi-Strauss, Claude. *El pensamiento salvaje*, México, - Fondo de Cultura Económica, 1964.
23. Manfred, A.Z. *Historia Universal*, Tomo I, España, Ed. -- Akal, 1978.
24. Mieli, Aldo. *Panorama general de Historia de la Ciencia*, Buenos Aires-México, Espasa-Calpe Argentina S.A., 1946.
25. Maksabedián A., Jorge. *El Método en la Física*, México, - D.F., 1982, I.P.N.
26. Morgan, Lewis H. *La sociedad primitiva*, México, D.F., Ed. Popular (s.f.)
27. Oliva Barecky P. *Historia de Roma*, Argentina, Ed. Cartago, 1971.
28. Pirenne, Henri. *Historia Económica y Social de la Edad - Media*, México, Fondo de Cultura Económica, 1970.
29. Poicare, Henri. *Filosofía de la Ciencia*, México, D.F., - Ed. Nuestros Clásicos, 1978.
30. Ponce, Aníbal. *Educación y Lucha de Clases*, México, Ediciones de Cultura Popular, 1974.
31. Prives, M. et al. *Anatomía Humana*, Moscú, Ed. MIR, 1978.
32. Romero, J.L. *La Edad Media*, México, Fondo de Cultura Económica, 1971.
33. Rey, Abel. *La Ciencia Oriental antes de los Griegos*, México, Unión Tipográfica, Editorial Hispano Americana, 1959.
34. Vilar, Pierre, et al. *Estudios sobre el nacimiento y desarrollo del capitalismo*, Madrid, Ed. Ayudo, 1972.
35. Wartofsky, Marx W. *Introducción a la Filosofía de la -- Ciencia*, Tomo II, España, Alianza Editorial, 1973.