

PRIMERA PARTE: ANÁLISIS HISTÓRICO.

1. ANTECEDENTES.

Desde tiempos inmemorables, el hombre ha desarrollado infinidad de conceptos, ideas, teorías y, en general, conocimiento. Desde luego, ha invertido tiempo y recursos, ha escrito infinidad de libros con el propósito fundamental de encontrar explicaciones sobre el origen y naturaleza de las cosas. Este trabajo pretende elucidar (definir, explicar, comprobar mediante procedimientos científicos), uno de los conceptos que presenta un grado importante de complejidad, según se verá en el desarrollo de la presente investigación; este es el concepto **Espacio**.

Cabe señalar que en la identificación del problema, surge una preñoción que consiste en un cierto nivel de indefinición interdisciplinario, por parte de los diferentes científicos que utilizan este concepto en la praxis propia de su disciplina -multidisciplinariedad- cuyas características diferenciales con respecto a la definición del concepto, en un carácter interdisciplinario, operan en contra de una adecuada comprensión del término.

Entre los problemas que de inicio se pueden señalar, se encuentra el hecho de que cada área del conocimiento (determinado su grado de desarrollo por el tiempo y el espacio; en función de necesidades sociales, objetos de estudio, marco de referencia, metodología, ideología, etc.) presenta características diferenciales con respecto a la definición del concepto en forma interdisciplinaria y que, debido a esta dispersión, hacen difícil no sólo los niveles de análisis sino incluso el cabal cumplimiento del quehacer interdisciplinario.

Se analizará entonces, la evolución del concepto **Espacio**, desde la época clásica griega en la edad antigua, pasando por la edad media, la moderna y la contemporánea; simultáneamente, con un análisis de la evolución del conocimiento científico dentro de las mismas épocas. Estos análisis permitirán distinguir, dentro de lo que se conoce como

parcialización de la ciencia o especialización del conocimiento y que resulta en una - multidisciplinariedad- que a priori, se intuye que tiene su expresión en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las aulas y, comparando-contrastando con lo que se conoce como investigación científica interdisciplinaria, permitirá la elucidación de conceptos complejos que posibiliten una mejor comprensión y proporcionar instrumentos y herramientas de análisis que faciliten el quehacer científico.

En primera instancia, se realiza la presentación sintética de los antecedentes históricos del concepto espacio.

En una primera aproximación se puede establecer que la noción de espacio en el ser humano primitivo es de carácter referencial, es decir, el hombre se relaciona con el espacio a través de sus sentidos; derivada esta relación de la necesidad de otorgar un sentido de orientación y orden entre sí mismo y los objetos distribuidos en su entorno. En otras palabras, se adaptan y adoptan estas relaciones para orientarse y llevar a cabo acciones que le permitan establecer un equilibrio dinámico entre él y el ambiente que lo rodea. Si bien es cierto que estas relaciones básicamente las orienta hacia los objetos físicos, adaptándose fisiológicamente a ellos, también es cierto que influye y recibe influencias de otras personas captando realidades abstractas o significados a través de los diversos lenguajes creados para comunicarse. Cabe señalar que esta percepción orientadora del espacio puede ser cognocitiva o afectiva.

Mientras que en los animales el establecimiento de su espacio se realiza por instinto, el ser humano necesita “aprender” qué orientación requiere para actuar. Así, se supone que en las primeras civilizaciones se establecieron relaciones de: dentro-fuera, cerca-lejos, arriba-abajo.

De esta manera en el lenguaje de la antigua civilización egipcia, que dependía de su situación geográfica y del río Nilo particularmente, se introducen las expresiones agua-

abajo y agua-arriba en lugar de norte y sur¹, en ambos casos está claro que el concepto espacio en forma cognocitiva no había sido abstraído de la experiencia de las relaciones espaciales sino más bien consistían en meras intuiciones, orientaciones concretas, referenciadas a objetos y lugares y por lo tanto contienen considerables ingredientes emocionales.

Ahora bien, si se puede establecer que el conocimiento primitivo surge de la relación del hombre con su medio ambiente (espacio) orientada hacia la satisfacción de sus necesidades; se puede establecer también que las características del conocimiento en este período están, asimismo, relacionadas con un empirismo absoluto, ya que solamente la realidad podía ofrecerles los datos necesarios para la construcción de conocimientos básicos y éstos eran caracterizados de manera simbólica y mitos religiosos o paganos, en contraposición con explicaciones teogónicas con las cuales el hombre fundamentaba sus relaciones con lo desconocido.

Una abstracción del concepto espacio-tiempo aparece con la elaboración del calendario egipcio de 365 días, que tal vez se haya realizado hacia la mitad del siglo XLIII a.C. ² (este dato, sin embargo, es una suposición pues no ha sido comprobado fácticamente).

Fueron los griegos quienes se dieron a la tarea de reflexionar, mediante la sistematización de datos sobre el concepto espacio.

En Grecia Parménides (540-550)³ representó una posición transitoria, al mantener que el espacio como tal no podía ser imaginado y que, por lo tanto, no existía; Leucipo propuso la Teoría Atómica (hacia el 440, a. C.) y Demócrito (460-370)⁴ lo continuó; de esta manera aparece como el más antiguo precedente que trata del concepto espacio y éste es postulado como un lugar o un campo donde es posible el movimiento y donde tienen lugar

¹ Piaget, J. 1995. *La construcción de lo real en el niño*. Cap.4 México, D.F.: Grijalbo.

² Ponce, A. 1990. *Educación y lucha de clases*. México: Editores Mexicanos Unidos, p. 89.

³ Norberg-Schulz, C. 1983. *Arquitectura Occidental*. Barcelona: Gustavo Gili, p.10.

⁴ Bowra, C. M. 1960 *La Aventura Griega* Madrid: Ediciones Guadarrama, p. 243.

los fenómenos. El teorema del atomismo antiguo postula la existencia del espacio vacío y su infinitud, en el cual se mueven los átomos. Epicuro (341-270, a. C.), T. Lucrecio Caro (96-55, a. C.) y Zenón de Cizio (siglos IV a III, a. C.) compartieron esa misma opinión.

Platón (427-347, a.C.)⁵ identificaba el espacio con la materia⁶ y definía la geometría como la ciencia del espacio. Sin embargo, Aristóteles (384-322, a. C.) al desarrollar una teoría del “lugar” (topos)⁷ según la cual el espacio era la suma de todos los lugares; un campo dinámico con direcciones y propiedades cualitativas; el límite inmóvil que circunda un cuerpo; deriva el concepto “vacío” el cual define mediante un discurso magistralmente reflexivo en posición contraria a los postulados que sobre la prelación de espacio habían discernido los filósofos anteriores y que ya se mencionaron; distinguiendo que el “vacío” no es tan “vacío” como ellos argumentaban. Entre otras cosas se postulaba el “vacío” como: ... “aquello que está libre de cualquier cuerpo tangible.”⁸ En otras palabras, que todo cuerpo debe estar en un lugar y que, por tanto, un lugar en el que no había cuerpo alguno debía estar “vacío”; se aprecia entonces, que en su discurso rebate la tesis de aquéllos que postulaban que el “vacío” existe por la no existencia de sustancias corpóreas en un espacio, entre otros, Leucipo y Demócrito; asimismo, rebate a quienes postulaban la existencia del “vacío” con base en el movimiento, incluidos en éstos, Epicuro, Lucrecio Caro y Zenón; de esta manera Aristóteles postulaba la negación del “vacío” absoluto; intuyendo que invariablemente el espacio está ocupado. Su propuesta ha de considerarse como la primera aproximación de sistematización del concepto espacio que simboliza y antecede a ciertos conceptos de la actualidad.

⁵ Platón. 1996. *Diálogos; Timeo o de la Naturaleza*. Colección “Sepan Cuántos...” Vol. 13 México: Porrúa, p.688.

⁶ Platón usaba el concepto *materia* en un sentido filosófico; definiéndolo como la existencia de un Universo o realidad exterior. Riveros G. Héctor y Rosas Lucía, 1994. *El Método Científico Aplicado a las Ciencias Experimentales*. México: Trillas.

⁷ Aristóteles. en Wicksteed, P. (1957). Aristotle. The Physics. Tomo I. Libro IV, i-iv. Cambridge: Heinemann.

⁸ Aristóteles. en Wicksteed, P. (1957). Aristotle. The Physics. Tomo I. Libro IV, i-iv. Cambridge: Heinemann, p. 337.

Posteriormente se desarrollaron otras teorías del espacio, que se basaron más que en Aristóteles, en la geometría de Euclides y definieron el espacio como infinito y homogéneo. Así, por ejemplo, Lucrecio decía:.. “Toda la naturaleza se basa en dos cosas; hay cuerpos y hay “vacío” en el que los cuerpos tienen su lugar y en el que se mueven”.⁹

En la Edad Media, el interés se centraba primordialmente en los temas de Dios, del alma humana y la salvación de ésta, así la aportación más importante de la Patrística para la formación de una concepción cristiana del universo fue la de San Agustín, quien sostuvo un dogmatismo que señala a Dios como creador del mundo a partir de la nada, siendo posible alcanzar la verdad directamente de Dios sin recurrir a la experiencia humana; en un mundo organizado políticamente en forma piramidal, en cuya cúspide estaban el Papa y el rey.

Las verdades “incuestionables” procedían de la Biblia; aunque se habían filtrado, a través de la intervención de los árabes, noticias de los escritos clásicos de Platón o Aristóteles, Euclides o Arquímedes; estos últimos formados en la Biblioteca de Alejandría. Ya alboraba en los siglos XI a XII, a través de las escuelas catedráticas o los “Estudios Generales”, la fundación de aquella institución cooperativa de educación, que en los inicios del siglo XIII se conocería como “Universidad”.

Las concepciones espaciales de la antigüedad clásica fueron aceptadas durante el medioevo. Así la Escolástica estableció una diferenciación entre lugar, espacio y cuerpo¹⁰ que permaneció hasta los albores del Renacimiento. Ya en este período propiamente dicho, Bernardino Telesio (1509-1588) afirmó que “el espacio debe ser el receptáculo capaz de incluir cualquier cosa. Franco Patrizzi (1529-1597), por su parte, definió el espacio como una extensión subsistente que se sostiene a sí misma y que no es inherente a

⁹ Norberg-Schulz, C. 1983. *Arquitectura Occidental*. Barcelona: Gustavo Gili, p.10.

¹⁰ Wahl, J. 1975. *Tratado de Metafísica*. México: FCE, p.182.

ninguna otra cosa.”¹¹. Por otra parte, Tomasso Campanella (1568-1639), en “La Ciudad del Sol” postula que “el espacio es un orden de coexistencias.”¹²

La ciencia moderna tuvo su origen en el surgimiento de importantes pensadores relacionados con la astronomía: Copérnico, Kepler, Galileo Galilei, quienes con sus descubrimientos revolucionaron la concepción general del espacio que vino a cristalizar con René Descartes (1596-1650).

Ya antes de iniciar el siglo XVII, Giordano Bruno explicaba el espacio como continente, calificándolo como infinito e incorpóreo, y desde luego vacío.

Descartes en las primeras décadas de ese siglo, en contraposición con los escolásticos, estudió el espacio como cualidad posicional de los objetos. Creó, incluso, las coordenadas para expresar matemáticamente las posiciones de los cuerpos.¹³

A lo largo del siglo XVIII se continua la controversia en la discusión de los postulados acerca del espacio que venía presentándose desde el siglo XVII, en la que se distinguen dos corrientes fundamentales: por un lado los racionalistas, entre los que se encuentran el propio Descartes, Spinoza y Melbranche; y por otro los empiristas con Leibniz, Hobbes, Locke, Berkeley y Hume, mientras que los primeros sostienen, de alguna manera, la realidad física del espacio; los otros sostienen la tesis de la subjetividad del espacio.

En este período surge otra teoría que no es ni empirista ni racionalista, la de Newton, quien para el establecimiento de las leyes del movimiento, utiliza un sistema de referencia. Este sistema fue universal y absoluto por definición, así, espacio y tiempo han de ser definidos desde sí mismos sin relación a nada externo.¹⁴

¹¹ Wahl, J. 1975. *Tratado de Metafísica*. México: FCE, p.183.

¹² Copleston, F. 1988. *Historia de la Filosofía*. Tomo III: De Ockham a Suárez. México: Ariel, p.247.

¹³ Wahl, J. 1975. *Tratado de Metafísica*. México: FCE, p.183.

¹⁴ Rioja, A. 1988. Introducción en Euler, L. *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia*. México: Alianza editorial, p.20

A finales del siglo XVIII, Kant toma partido por el espacio “contenedor”, condición de la posibilidad de los fenómenos, intuición, “a priori”, pura.

Hacia mediados del siglo XVIII, Euler (1707-1783)¹⁵ analiza los conceptos espacio y tiempo a partir de las teorías newtonianas desde diferentes posiciones y niveles de análisis, incluido el del movimiento, (debido esto, quizá, a la complejidad del problema); en función del carácter absoluto y relativo de dichos conceptos. De esta manera, en sus “Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia”¹⁶ el autor realiza una defensa de la posición newtoniana con referencia a la ley de la inercia, en contra de Descartes y otros autores, estableciendo que espacio y tiempo han de ser absolutos en la medida en que la ley de la inercia exige un sistema absoluto de referencia y no es posible dudar de la verdad de dicha ley.

En el siglo XIX, Hegel considera al espacio como una abstracción subjetiva, una mera forma, y James Clerk Maxwell como continente. Hegel habla del espacio como si fuera una abstracción, una mera forma subjetiva; sin embargo, a finales del siglo James Clerk Maxwell lo intuye como continente, puesto que afirma:... “Todo nuestro conocimiento, tanto en el tiempo como en el espacio, es esencialmente relativo.”¹⁷

Ya en el siglo XX, Ernst Mach habló de la “monstruosidad conceptual” del espacio absoluto. La concepción del espacio como continente cambió a la de ser considerado como un campo, con los avances que Einstein logró dentro de la física contemporánea; a las tres dimensiones de la geometría añadió la cuarta dimensión del tiempo. “El mundo de los hechos constituye un continuo cuatridimensional a nivel local.”¹⁸

Se puede decir que a partir de unidades básicas, derivadas de la experimentación, así como de los principios newtonianos de tiempo y espacio absolutos, se establecen otras

¹⁵ Rioja, A. 1988. Introducción en Euler, L. *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia*. México: Alianza editorial, p.22.

¹⁶ Euler, L. 1988. *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia*. México: Alianza editorial.

¹⁷ Clerk-Maxwell, J. 1920. *Matter and Motion*. Londres: Dover., p.12.

¹⁸ Einstein, A. e Infeld, L. 1961. *La física aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Losada, pp.178-179.

unidades de medición que se emplean en las fórmulas dimensionales utilizadas para la medición de los fenómenos físicos;¹⁹ así, Einstein pudo revolucionar las nociones clásicas concernientes al espacio y el tiempo. Esto ha propiciado que la respuesta inicial de la mayoría de las personas, cuando oyen hablar de las ideas, aparentemente disparatadas, de la dilatación del tiempo y de la contracción de la longitud, es de antipatía instintiva. Nuestros conceptos cotidianos del espacio y del tiempo, firmemente arraigados en la intuición y en la experiencia, resultan sacudidos de raíz por la revolución relativista. Por eso es que algunos legos se refugian en un franco escepticismo.

En respuesta a esto se debe comentar de inicio que la teoría especial de la relatividad no es una novedad. Einstein publicó un artículo original en 1905 y pocos años después fue aceptada por la comunidad científica. Desde entonces se ha convertido en la base fundamental de la física moderna con implicaciones que rebasan las sencillas consideraciones acerca de los trenes de alta velocidad y los cohetes. Sin embargo, lo importante es que los nuevos principios de la relatividad tienen que ser incorporados en todas las ramas de la física.

La demostración de la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud que propusiera Einstein lo lleva directamente a incorporar la cuarta dimensión (tiempo) en la teoría física y, a partir de esto, a establecer la concepción del espacio como campo o entidad tetradimensional.

Ahora bien, una teoría del espacio, requiere de un modelo. Al igual que la mayoría de los buenos modelos de la física, debe poseer una adecuada descripción matemática. Para construir un modelo que se asemeje razonablemente al espacio del mundo real, es necesario incorporarle un gran número de conceptos matemáticos.

Los matemáticos emplean la palabra espacio para denotar conjuntos de puntos con determinadas propiedades. Un punto es el objeto primordial de una descripción de los

¹⁹ Gamow , G. 1980. *Materia, tierra y cielo*. México: Cía. Editorial Continental, pp. 18-22.

modelos matemáticos del espacio y puede ser concebido como el límite de un pequeño círculo cuyo radio tiende a cero. Por consiguiente, los puntos no tienen ni tamaño, ni extensión, ni interior. Cualquier estructura del espacio les será impuesta a la colección de puntos y no a cada uno de éstos.

Debe hacerse énfasis en que un modelo matemático del espacio puede tener una variedad de propósitos. Puede ser utilizado para la descripción o para la solución de diversos tipos de problemas provenientes de otras ramas de las matemáticas, o sencillamente por su interés intrínseco. En la vida cotidiana se emplean muchos espacios matemáticos abstractos, por ejemplo, al dibujar una gráfica. Puede utilizarse un espacio matemático también como modelo del espacio físico real. Claro que el espacio real es algo más que una colección de puntos. Para que de esta colección de puntos emerjan las propiedades familiares del espacio real, deben imponérsele varios niveles de estructura descriptiva, progresivamente más complejos y aun quizás una estructura adicional para producir una descripción adecuada de algunas de las nuevas propiedades que ha descubierto la física moderna.

Existen características del espacio real que deben ser incorporadas al modelo, dependiendo de la teoría del espacio a estudiarse; las más comunes y básicas a la mayoría de las teorías son : continuidad, dimensionalidad, conectividad y orientabilidad. Estas se denominan características topológicas, pues dependen exclusivamente de la continuidad del espacio y no de propiedades tales como el tamaño y la forma exacta, que son materia de medición y estudio al interior de teorías específicas.

O sea, que el espacio real es visualizado como altamente estructurado, múltiple y que además, posee estructura geométrica, conocido como espacio métrico, de ahí que el universo real fuera, antes de 1915, concebido como un espacio métrico que obedecía a las reglas de la geometría euclidiana, misma que deja de ser válida debido a que las nuevas teorías sobre el espacio incluyen la propiedad de la variación de la estructura métrica en espacio y tiempo.

El tiempo comparte muchas de las propiedades del espacio, entre éstas, las propiedades topológicas como continuidad, conectividad y orientabilidad, a pesar de tener una sola dimensión y no tres; hasta donde sabemos, además, posee también una estructura métrica, ya que es posible definir la distancia entre dos puntos del tiempo. Así, el tiempo puede ser considerado como un espacio matemático métrico unidimensional, distinto del espacio. Conjuntando las tres dimensiones del espacio y la dimensión del tiempo, se logra un espacio-tiempo tetradimensional y unificado.

Por lo que se refiere a la concepción del espacio en otras áreas de conocimiento, según la teoría constructivista -desarrollada por notables investigadores de la psicología genética, y de la psicología cognitiva, tales como: Piaget, Vigotsky, Ausubel, Novak y Gowin- el humano adquiere, entre los once y los doce años de edad, la noción de velocidad, como una realidad física asociada al espacio entre el tiempo. Este último, como seriación de acontecimientos que suceden en el espacio, ajuste de intervalos y medición de lapsos. En psicología social, con categorías como “axiología del espacio” y “proxemia”; en economía política, a través de la teoría del crecimiento mediante el análisis de flujos visualizando al espacio como “bien” o “mercancía”; en la arquitectura, en función de la ergonomía y la antropometría.

Ahora bien, para estar en condiciones de llevar a cabo el análisis del desarrollo histórico del concepto espacio, es necesario describir exhaustivamente, el desarrollo histórico de la ciencia, ya que las distintas ramas del conocimiento, al desarrollarse, le otorgan un particular tratamiento a este concepto.

2. HISTORIA GENERAL DE LA CIENCIA.

Desde que el hombre tiene conciencia de su ser pensante, la transformación de la naturaleza para beneficio de su supervivencia ha sido su primordial objetivo.

Construir la primera herramienta muy probablemente constituyó la diferencia entre la evolución de los primates y la del hombre, ya que este último homologó a la herramienta física la herramienta del pensamiento, con lo cual dió el segundo salto o avance: la construcción de la ciencia.

Es pertinente señalar que en este punto se propone elaborar un análisis histórico simultáneamente con un desarrollo conceptual de la idea de ciencia en la evolución de la humanidad y de cómo se ha conceptualizado ésta por las diferentes civilizaciones.

Este análisis será realizado en función de cuestionamientos sobre los fundamentos metodológicos que, en su caso, cada una de estas civilizaciones haya utilizado y los cuales, permitieron la reorientación del quehacer científico y posibilitaron nuevos desarrollos en la evolución de la civilización humana; en los cuales, se presentaron las diversas concepciones del espacio.

Este análisis está constituido mediante un paralelismo con respecto al desarrollo de la humanidad y sus diferentes etapas históricas, ya que las mismas demarcan, además de períodos socioeconómicos e históricos definidos, elementos cosmogónicos y epistemológicos diferenciados que componen la unidad de la ciencia de su época.

2. 1. Los Orígenes.

Nadie ha podido aportar datos específicos, concretos e indudables sobre el origen de la ciencia, sin embargo, eso no ha limitado a los investigadores, quienes han llegado a elaborar algunas hipótesis basándose en conjeturas aceptables que parecen dejar claro que la ciencia ha sido el resultado de un largo esfuerzo realizado en períodos oscuros e inciertos de la especie humana y que sus comienzos, el hallazgo y la búsqueda de conocimientos ha obedecido, a lo largo de la historia, a la respuesta del hombre frente a las necesidades vitales prácticas, quizá ligadas a sus instintos.

Es pertinente mencionar, que existen diferentes posiciones que provocan polémica en lo que se refiere a la consideración de lo que propiamente ha de establecerse como ciencia; así algunos aseveran que la ciencia se inicia a partir de la antigüedad clásica en Grecia; para otros, no existe cabalmente ciencia, sino hasta finales de la Edad Media; desde luego que estas personas están determinadas por la conceptualización -ideología- que del concepto se posea.

Para los propósitos de este trabajo, se señala lo siguiente: si bien, es cierto que en ocasiones se ha especulado en el nivel filosófico sobre las características que han de tomarse en cuenta para considerar científico a un conocimiento, es nuestro parecer que la concepción científica inicia cuando se cuestiona sobre la posibilidad de utilizar un conocimiento determinado como herramienta para la producción de otro o de cualquier objeto de modo indirecto, es decir, no propiamente natural y no cuando se estandarizan los criterios epistemológicos verdaderos. Ahí donde la producción de algo (práctico como un objeto o complejo como una idea) se sirve de una abstracción mental como su instrumento principal, ahí precisamente se inicia la ciencia.

Así, la ciencia primitiva surge entonces del contacto del hombre con el medio ambiente o espacio destinado para la satisfacción de sus necesidades. Esta relación ha permanecido incólume durante toda la historia de la humanidad, hasta nuestros días; aunque se ha ido

haciendo cada vez más compleja, profunda y amplia. Uno de los inventos que más contribuyó al progreso y al desarrollo de la ciencia, sin duda, fue la escritura.

Las características de la ciencia de este período están relacionadas con un empirismo absoluto. Solamente la realidad podía ofrecer, en aquellas etapas primitivas de desarrollo científico, los datos necesarios para la construcción de los conocimientos básicos. En este período la ciencia se caracterizaba en forma simbólica y mitos religiosos o paganos (en contraposición a las explicaciones teogónicas), en que el hombre fundamentaba su relación con lo desconocido.

La fecha más antigua que se conoce relativa a un hecho científico es la fijación del calendario egipcio de 365 días, que se hace remontar, por hipótesis no comprobables fácticamente, a la segunda mitad del siglo XLIII a.C.

Tal vez el pueblo que haya sistematizado más la captación de datos de la realidad y su utilización práctica, haya sido el egipcio, ya que los conocimientos técnicos más avanzados en aquella época, como el arte de la construcción y de la arquitectura, prácticas de agricultura y de irrigación, arquitectura naval, metalurgia y la minería, así como diversas industrias, tales como los papiros tejidos, la cerámica, el vidrio, la orfebrería y otras, han tenido antecedentes en la historia de la humanidad relacionados con esta cultura y sin anterioridad a ella.²⁰

Las tablillas de escritura cuneiforme que se han encontrado en gran cantidad, en especial en Nínive, no descifradas por completo todavía, revelan que los habitantes de Mesopotamia, tanto los sumerios como los acadios, babilonios, asirios y otros, estaban en

²⁰ Podríamos seguir en este punto el argumento utilizado por Anibal Ponce según el cual los sacerdotes egipcios utilizaban su conocimiento sobre las crecientes del Nilo para mostrar su poder al pueblo, ya que cuando sabían con certeza (por medio de un aparato que habían diseñado) que una creciente se avecinaba, hacían llamar a todo el pueblo y, frente a él invocaban a los dioses y solicitaban del faraón la orden escrita para exigir al Nilo sus aguas, así, tiraban el papiro enrollado a las aguas del Nilo y éste **obedientemente se desbordaba.**

Ponce, A. 1990. *Educación y lucha de clases*. México: Editores Mexicanos Unidos, p. 89.

posesión de un aprendizaje y de un considerable conjunto de conocimientos científicos relativos a las matemáticas, la astronomía y a las ciencias naturales.

Resumiendo, concluiremos que la ciencia primitiva de los hombres que poblaron las naciones más antiguas del orbe, era eminentemente empírica, no sistemática -es decir, de carácter intuitivo y tácita- y fundamentalmente basada en hechos relacionados con la supervivencia. Aquí podemos plantear de acuerdo con Piaget, la noción de pensamiento sensorial en el sentido de que:

... “es un tipo de conocimiento que se adquiere y genera en función de la realidad que el ser humano percibe por sus sentidos y sólo por ellos, sin mediación de los procedimientos mentales de la deducción e inducción lógicas...”²¹

2. 2. La Antigüedad Clásica: Grecia.

En su período arcaico, los griegos expresaron sus especulaciones más importantes en la poesía, e incluso cuando ésta recibió el refuerzo de la escultura y de la pintura, su mentalidad continuó predispuesta en gran parte por su educación poética y los principios que ella implicaba. Por más que los mitos dejaran muchas cosas sin explicar, e incluso se contradijeran en cuestiones de importancia, procuraban un medio de enfrentarse con los hechos de la experiencia, un modo de pensar en imágenes concretas, que satisfacía a un pueblo que no tenía motivo alguno para dudar que los dioses estaban en acción en todas partes y estimaba, por tanto, que el conocimiento de ellos servía para explicar la mayor parte de los fenómenos, tanto físicos como mentales.

Sin embargo, hacia principios del siglo VI a.C. nació un nuevo espíritu, que creció y maduró hasta el punto de afectar a muchas esferas de la investigación. Era un deseo de comprender las cosas con mayor exactitud, de penetrar en el misterio que las envolvía, de

²¹ Not, L. 1992. *Teorías del conocimiento*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 143.

explicarlas en lenguaje racional y de encontrar en la naturaleza principios y normas en lugar de los inexplicables caprichos que los mitos atribuían a los dioses.

Se puede afirmar que el legado de la época clásica en Grecia se establece en dos aspectos. En primer lugar se encuentran las características esenciales del pueblo griego, basadas en los conceptos fundamentales de la belleza, de la libertad, de la investigación de la verdad, de la perfección; y por otra parte, las circunstancias históricas.

Así el concepto de la belleza como un goce en sí misma y como guía de la vida, fue expresado por vez primera y del modo más pleno en Grecia, y las leyes conforme a las cuales las cosas son bellas o feas, fueron en gran parte descubiertas y formuladas allí. Las ideas de libertad y justicia, la libertad corporal, de palabra y de pensamiento, la justicia entre el fuerte y el débil, el rico y el pobre, penetra la totalidad del pensamiento político griego y fue, con fallas notorias, llevada realmente a la práctica en un grado notable en las mejores comunidades griegas. El concepto de la verdad como un fin que hay que perseguir por amor a ella misma, como algo que hay que descubrir y aislar por medio de la experiencia y de la imaginación, y, especialmente, por la razón -concepto esencialmente ligado al de libertad y tan opuesto a la anarquía como a la obediencia ciega-, quizás no ha sido nunca tan claramente comprendido como por los primeros escritores griegos que se ocuparon de ciencia y filosofía.

Si bien el concepto de belleza consistía fundamentalmente, en que era estructural, directa y sencilla, es decir, se constituía por tres elementos: armonía, simetría y balance, eran estos tres elementos los que otorgaban fundamento y orientación al resto de las actividades y pensamiento.

Así en Grecia, cualquiera que fuera el tipo de gobierno, la ley se tenía siempre por el fundamento de la sociedad. La única salvaguardia era tener códigos de leyes que fueran conocidos de todos y cada uno, y a partir del siglo VII a. C. famosos legisladores codificaron la tradición y la costumbre en muchas partes de Grecia, procurando una

estructura legal idónea para la vida cívica. Tales códigos podían comprender leyes constitucionales y privadas y establecer cómo debía gobernarse una ciudad y qué castigos debían imponerse por los crímenes contra las personas. Asimismo, se ocupaban detalladamente de la propiedad, la herencia, la posesión de esclavos y materias análogas.

Las leyes griegas estaban en relación con el carácter de las constituciones políticas y con los cambios que vinieron con la decadencia de la monarquía, así, aproximadamente a partir del 700 a. C. la monarquía en su antiguo sentido apenas existía y había sido reemplazada por constituciones escritas, que concedían el poder a una clase determinada o a cierto número de personas, grande o pequeño; las cuales se dividían en oligarquías y democracias, perteneciendo en las primeras el poder a unos pocos, y en las segundas, al pueblo en su totalidad.

Se creía que las leyes encarnaban las tradiciones antiguas y daban forma precisa a lo que había sido canonizado durante siglos por la costumbre. Asimismo, se juzgaba preferible tener leyes a depender de los caprichos personales de los reyes y sus agentes hasta el extremo que se permitió a las leyes invadir esferas que deberían quedar fuera de su dominio. También se pensaba que si las leyes derivaban de la antigua costumbre, era lo más natural presumir que tenían una sanción divina, y representaban en cierto sentido la voluntad de los dioses. Esto no era otra cosa que la equivalencia griega de la noción de la ley natural. Sin embargo, la concepción de la ley como la costumbre santificada por los dioses no era tan rígida ni tan inflexible como se podría esperar.

La democracia, que alcanzó su forma más avanzada y más activa en Atenas, surgió de una serie de extensiones de poder a clases cada vez mayores, hasta que al fin correspondió éste a todos los ciudadanos varones. La democracia griega desarrolló, al menos, tres características que permiten distinguirla de las democracias modernas, y tenía, en sus primeros días un innegable tono aristocrático.

Este tono aristocrático fue posible por la existencia de la esclavitud. Gracias a ella el vulgo de Atenas difería de otras sociedades propietarias de esclavos por su gran proporción de hombres libres con relación a los esclavos, proporción que ha sido calculada como de dos a uno. Un segundo rasgo de la democracia ateniense era su bullente actividad. Una vez que el pueblo se encontró a sí mismo dueño y señor de su destino, sus facultades se orientaron hacia nuevas manifestaciones culturales. Así, en poesía, en la que hasta ese tiempo Atenas no se había distinguido, los cantos y la elegía de la época aristocrática cedieron el paso a la manifestación de la tragedia, que siendo la evolución de cantos rústicos improvisados y de representaciones relacionadas con el culto de Dionisios, se elevó ahora con una dignidad extraordinaria.

En la arquitectura, El Partenón y los Propileos muestran aún como la nueva arquitectura democrática sobrepasó a la de las generaciones anteriores en proporciones y riqueza, describiendo de forma mítica las esculturas del primero de estos monumentos la actividad del nuevo espíritu. Las escenas míticas que se presentan en sus frontones describen la fuerza del poder. El poder que los atenienses sentían en sí mismos y que creían que les había sido infundido por los dioses.

Este poder, infundió en ellos un impulso irresistible de irrumpir allende sus fronteras e imponer las bondades de su sistema a los demás griegos. Esto significó que en el siglo V los atenienses transformaran gradualmente la alianza que habían formado con otras comunidades para combatir a Persia, en un imperio cuyos miembros pagaban tributo a Atenas. Los aliados seguían siendo independientes en sus asuntos propios, y la recompensa del pago de su tributo, consistía no tan sólo en que la flota ateniense les protegiera contra Persia, sino también que los ejércitos atenienses estuvieran dispuestos a luchar en su defensa contra los no menos imperialistas espartacos. Sin embargo, lo más importante era el hecho de que a Atenas le gustaba que sus aliados tuvieran gobiernos democráticos.

Una tercera característica era la libertad de palabra, que se consideraba fundamental y se interpretaba de manera amplia. Eran escasas las leyes represivas en lo que respecta a las calumnias y sus debates públicos eran tan sinceros y proclives al vituperio como sus querellas privadas y forenses. La licencia sin límites permitida en la comedia, no se detenía ante nada en lo referente al escarnio de personalidades de la vida pública.

Tal movimiento era quizá inevitable en un pueblo tan inteligente como el griego, pero recibió el impulso de los cambios políticos y sociales. Comenzó en Jonia y su primer representante fue Tales de Mileto. La desaparición de las monarquías hereditarias y su sustitución por nuevas clases gobernantes, que pronto dirigieron su atención al comercio exterior, implicó que el horizonte intelectual se ampliara a la vez que el geográfico, ya que el establecimiento de factorías comerciales, como Naucratis en Egipto, puso a los griegos en contacto con un conjunto nuevo, por restringido que fuese, de conocimientos aplicados.

En Grecia, la arquitectura, la escultura y la fundición de metales planteaban problemas que exigían una solución; la creciente actividad de los marinos, que se adentraron hasta el extremo occidental del Mediterráneo, exigía conocimientos de geografía y de astronomía mayores que los ofrecidos por la mitología; la popularidad de los juegos atléticos fomentaba un conocimiento adecuado del cuerpo humano, aunque no fuera más que para curar las fracturas de miembros y las distensiones musculares.

Los acontecimientos, por su parte, alentaron unas ansias nuevas de indagar en el mundo visible que se canalizaron en tres direcciones principales. Aunque entre ellas había ciertos puntos de contacto, cada una conservó su carácter específico y obedeció a sus propias leyes de desarrollo.

La primera la constituyeron las matemáticas. No fue esta ciencia invención griega, como ya se había mencionado en el punto anterior, pues había sido ya practicada con cierta destreza en Babilonia y en Egipto, y es de Egipto, de donde se dice que Tales de Mileto la trajo a Grecia.

La segunda dirección seguida por el nuevo movimiento fue la filosofía. Era también un intento de descubrir la realidad subyacente a los fenómenos, pero su instrumento no eran los números, sino las palabras.

La tercera dirección fue la ciencia natural. Si tenía algo en común con la filosofía en su deseo de descubrir y explicar la naturaleza de los fenómenos, difería de ella por sus métodos. No prestaba tanta fe a la formulación de una teoría consecuente, como a la observación y experimentación; y, aunque la astronomía descansaba en gran parte sobre las matemáticas, controlaba sus especulaciones con una cuidadosa atención a los hechos establecidos. Su campo de investigación más práctico, más fructuoso y más estrictamente científico fue la medicina.

Aunque las matemáticas, la filosofía y la ciencia natural tenían sus supuestos, sus principios y sus métodos de trabajo independientes; tenían, también, cosas en común y participaban de ciertas características básicas, propias de la época de la ilustración griega.

En primer lugar, no chocaron en sus primeros días con la religión, porque la religión griega no estaba institucionalizada; dado que, como la religión, trataban de cuestiones relativas a la naturaleza y a los orígenes de las cosas, no es sorprendente que Tales dijera: *Todas las cosas están llenas de dioses*,²² o que Anaximandro calificara al aire y más que al aire, *al principio de indeterminación como un dios*.²³

En su deseo de encontrar algún principio universal, presumieron, como hicieron los pensadores religiosos, la existencia de un orden cósmico, y al elaborar sus ideas sobre éste emplearon el antiguo lenguaje que ponía bajo la regencia divina las diversas esferas de la realidad.

²² Bowra, C. M. 1960 *La Aventura Griega* Madrid: Ediciones Guadarrama, p. 235.

Cfr. Marías, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo I, segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 22.

²³ Bowra, C. M. 1960 *La Aventura Griega* Madrid: Ediciones Guadarrama, p. 235.

Cfr. Marías, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo I, segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 23.

Todas estas ramas de la investigación presuponen no sólo que es posible, sino también propio del hombre, el descubrir la verdad sobre la naturaleza de las cosas, y aceptarían en principio el aserto de Héraclito:²⁴ *la sabiduría es una sola cosa: es conocer la mente que gobierna todas las cosas, a través de todas las cosas*. Pero, al principio, esto se oponía a la creencia muy extendida de que es imposible estar seguro de nada, puesto que los dioses tratan a los hombres según les place. Pero, según fueron desarrollándose la ciencia y la filosofía, esta idea se fue modificando y adaptando al nuevo ideal del conocimiento

Las matemáticas, la filosofía y la ciencia natural compartieron también la creencia en el valor de la observación y de la experimentación. Podían diferir en el grado de empleo, pero ninguna opinaba que pudiera prescindir en absoluto de ellas.

Los primeros investigadores griegos hicieron también algunos intentos para verificar sus observaciones mediante la experimentación. Aquí tal vez parezcan sus esfuerzos un tanto rudimentarios, pero constituían, al menos, un comienzo que revelaban el modo correcto de abordar sus objetos.

La importancia de los experimentos realizados estriba en la revelación que nos hacen de la actividad vigorosa de unas mentes que tan seguras estaban de cuáles eran sus problemas, que eran capaces de hacer adiciones a los hechos observados complementándolos con nuevos hechos de su propia creación.

Los griegos crearon un sistema según el cual podía realizarse la demostración matemática y que no ha sido completamente mejorado. Este comienza con una definición, y las definiciones, tal como se conservan en Euclides,²⁵ siguen siendo modelos de concisión y claridad. Acto seguido, establecía un análisis, en el que, tras hacer una suposición, se pregunta cuáles han de ser los resultados y así se pone en claro el problema. En tercer

²⁴ Bowra, C. M. 1960 *La Aventura Griega* Madrid: Ediciones Guadarrama, p. 235.

Cfr. Marías, J. 1961 *Historia de la Filosofía* 14a. edición. Madrid: Ed. Manuales de la Revista de Occidente, p. 27.

²⁵ Livingstone, R. (Compilador) 1956 *El Legado de Grecia* 3a. edición. Madrid: Ediciones Pegaso, p. 132.

lugar, modeló la forma de exposición que aún prevalece en algunos aspectos en geometría, por regirse por estricta lógica.

Sobre estos cimientos, los griegos levantaron el magno edificio de sus matemáticas, en el que la geometría no sólo se usaba para todo lo que asociamos con ella, sino que estuvo muy cerca de realizar operaciones como el cálculo integral y echó los cimientos de la estadística y la hidrostática. El gran genio de Arquímedes (287-213 a. C), abarcó un campo casi increíble de realizaciones y, mucho después de él, los matemáticos griegos continuaron con sus métodos hasta descubrir la trigonometría, una teoría de los números y los principios del álgebra.

Como las matemáticas, la filosofía griega trató de comprender el mundo como una totalidad, y aunque sus conclusiones no son tan definitivas como las de la geometría, impuso a la posteridad su noción de lo que es la filosofía y sus problemas que deben ser su objeto de estudio. Le debemos distinciones tan fundamentales como las de la unidad y multiplicidad, la realidad y la apariencia, el conocimiento y la opinión, el ser y el no ser, la forma y la materia, lo universal y lo particular.

Al hacer tales distinciones, los griegos trataron de resolver el desacuerdo entre la multiplicidad y diversidad infinita de los fenómenos y la necesidad de alguna realidad permanente detrás de ellos. Se dieron cuenta de que, para un menester tan preciso y tan delicado, las palabras no son, en modo alguno, un instrumento ideal, e hicieron todo cuanto estuvo de su parte para establecer un vocabulario que fuera a la vez claro y coherente, y para prever que las funciones de las palabras se comprendieran tan bien como sus significados.

La ciencia natural no alcanzó en Grecia la altura que tiene hoy, pero echó los cimientos de lo que nosotros pensamos actualmente en dos direcciones principales. La primera es la teoría atómica, tal como fue propuesta por Leucipo (floreció hacia el 440 a.C.), y

Demócrito (460-370 a.C.), que aunque tiene muy poco que ver con la física atómica que nos es familiar, constituye, sin embargo, su más antiguo precedente.²⁶

La eficacia de la teoría de los atomistas consistía en que tomaba en cuenta tanto la variedad indefinida de las cosas, como su orden y regularidad. Postulaba la existencia de átomos, tan pequeños que eran indivisibles y, aunque todos constaban de la misma materia, tenían una variedad incalculable de formas y tamaños, produciendo sus mutuas relaciones y combinaciones la diversidad de los fenómenos; lo que implicaría otra forma de considerar el espacio de acuerdo con las formas y tamaños de la materia.

El mérito de esta teoría estribaba en el hecho de que en ella el universo físico es realmente físico, operando en él las leyes naturales, o dicho en términos de Demócrito, la *necesidad*, para la que no existen excepciones. Incluso los dioses pertenecen al mundo fenoménico y se pueden explicar por los mismos principios que forman la médula del pensamiento científico más estricto.

En principio, presume que todo el conocimiento comienza con los sentidos, y que sin ellos no es posible el conocimiento. Por lo tanto, no es *a priori* e insiste en el hecho de que las teorías deben verificarse con los hechos observados. En segundo lugar, desecha la idea de utilizar cualquier poder externo, a favor de las leyes inherentes que operan absolutamente en todas partes y que pueden descubrirse por esta razón. En tercer lugar, trata a la mente humana como un fenómeno natural, que puede ser objeto también de observación, discusión y explicación. En cuarto lugar, aunque presupone la existencia de un vacío en el que se mueven los átomos, un concepto no muy fácil de captar y susceptible de prestarse a equivocaciones, esta noción, en realidad, no es más que la del **espacio**, como un campo en el que el movimiento es posible y donde tienen lugar los fenómenos.

²⁶ Bowra, C. M. 1960 *La Aventura Griega* Madrid: Ediciones Guadarrama, p. 243.

Cfr. Marías, J. 1961 *Historia de la Filosofía*. 14a. edición. Madrid: Ed. Manuales de la Revista de Occidente, pp. 32-33. y en: Bernal, J.D. 1979 *La ciencia en la historia*. México: U.N.A.M. Editorial Nueva Imagen, pp. 196; 198-199.

La teoría atómica respondía a cuestiones que habían inquietado a los griegos y proporcionaba una hipótesis de trabajo para más descubrimientos y teorías más amplias sobre la naturaleza de la realidad. La segunda gran realización de la ciencia griega fue el descubrimiento de la biología, a través de la medicina.

Del deseo de curar las dolencias descubriendo sus causas, los griegos se remontaron al estudio de la estructura física del hombre y de aquí, a la de los animales, insectos y peces. Lo que empezó como una pura técnica utilitaria se amplió hasta convertirse en una verdadera ciencia, que continuó teniendo una relativa vitalidad y un cierto poder creador hasta el siglo II d. C.. Si la teoría atómica ilustra la capacidad griega para llegar, razonando, desde una teoría abstracta a una concepción de todo el universo, la medicina muestra el proceso contrario, en el cual el cúmulo de conocimientos de cirugía y de clínica se convierte en un cuerpo general de datos coherentes sobre el funcionamiento de algo visible y tangible. Si la primera nació del deseo de encontrar principios detrás de los fenómenos, la otra nació de la percepción intensa del panorama de la vida y de la viva curiosidad sobre todo lo que ésta encierra.

2. 3. La Ciencia Medieval.

Las condiciones de la producción feudal redujeron a un mínimo la demanda de una ciencia útil, sin que ésta volviera a crecer hasta que el comercio y la navegación crearon nuevas necesidades en las postimerías de la Edad Media. El esfuerzo intelectual se orientó entonces en otras direcciones del conocimiento y del espacio, poniéndose principalmente al servicio de esa característica radicalmente nueva de la civilización: la fe religiosa organizada.

Tal parece que entonces surgió, por primera vez en la historia humana, la necesidad de tener religiones basadas en un sistema fijo de creencias, junto con los medios indispensables para establecerlas. Un indicio para la explicación de tales condiciones nos la ofrecen algunos rasgos de la religión organizada que, en diversos grados, encontramos

en todas o en casi todas ellas. Dichos rasgos son: un clero jerarquizado, rituales fijos y, como piedra de toque y lazo de unión, un dogma en el cual queda incluida la creencia en un orden del universo incorporado en los libros sagrados.

Algunas de estas prácticas son más antiguas que la religión organizada y, por lo tanto, existían ya en las comunidades más primitivas; pero tomaron un nuevo aspecto en su relación con un espacio urbano más avanzado.

Una vez que superaron sus fases formativas revolucionarias, las “nuevas” religiones se convirtieron esencialmente en organizaciones estabilizadoras. Así pretendieron establecer -casi siempre inconscientemente, aunque a veces de modo consciente- un orden social aceptable, en lo general, mostrando que dicho orden era parte integrante de un universo inmutable; y tratan de expresar ese orden en el espacio, en una manifestación ampliada de la concepción del espacio religioso de las antiguas civilizaciones. De esta manera, el antecedente histórico del espacio religioso, es decir, los templos y las tumbas -pirámides y mastabas- ocupa el lugar preponderante, al cual quedaba supeditado el espacio social en una manifestación plástica jerarquizada. Así, como ejemplos a resaltar de las antiguas civilizaciones, tanto en África como en Mesoamérica, las culturas egipcia y azteca organizaban el espacio en función del *culto a los muertos* -necrópolis-.

Ampliando la idea, Teotihuacán, por ejemplo, no era una ciudad propiamente dicha, sino un centro cívico y religioso concebido para que allí tuvieran lugar manifestaciones grandiosas que congregaran en sus explanadas multitudes de incontables peregrinos. Para dar una cabal idea, Teotihuacán significa: *¡Residencia de los Dioses!* Alrededor de los edificios consagrados al culto en honor de Tláloc o de Quetzalcóatl, las excavaciones revelan la existencia de varios barrios de viviendas, conventos, palacios, residencias y hoteles cuyos nombres son Tetitla, Atetelco, Zacuala, Yayahuala, Teopancalco, lugares donde las pinturas murales continúan el discurso en colores que se inició en los muros del centro ceremonial. En sus inmediaciones debieron vivir los agricultores, seguramente en

forma parecida a como viven los actuales labradores mexicanos. Su trabajo, gracias al cual se alimentaba la casta de los sacerdotes, aseguraba la vida de la ciudad sagrada.

La urbanización de Teotihuacán reflejaba esta jerarquización de la organización del espacio social. Había barrios reservados a la clase de artesanos, pintores, plumajeros, canteros y alfareros. Si no se conserva rastro alguno de libros escritos -los pocos códigos salvados de las batallas, de los cataclismos y de los autos de fe son posteriores- lo cierto es que sí debieron existir, como lo atestigua el auge de las pinturas murales con las cuales estará siempre relacionado su grafismo.

La descripción de la sociedad precolombina puede ser como: la sencilla comunidad de labradores de los pueblos del período preclásico, que gozaban de una autonomía política y estaban libres de la pesada carga del ceremonialismo religioso necesario para la consolidación de una teocracia absoluta de tipo faraónico, basada en reyes-sacerdotes y esclavos, cuya vida y cultura estaban al servicio del Estado y la religión.

Por otra parte, en lo que se refiere a la organización de la iglesia cristiana y la organización del espacio, a lo largo de la época medieval, se puede mencionar que el auténtico “arquitecto” y “diseñador” del espacio religioso cristiano fue San Agustín. Es este santo quien a través de su abundante obra literaria, en la que destaca *La Ciudad de Dios*²⁷, determina la construcción del reino de Dios a partir de los veintidós libros que conforman esta obra, y a la que dedica quince años de su vida, del 412 al 426 d.C., sin desatender sus obligaciones sacerdotales como obispo de Hipona.

Obra de circunstancias, *La Ciudad de Dios* es un gigantesco drama, síntesis de la historia universal y divina, sin duda la obra más extraordinaria que haya podido suscitar el largo conflicto que, desde el siglo I al siglo VI, colocó frente a frente al mundo antiguo agonizante con el cristianismo naciente. Obra quizá imperfecta, ciertamente, repleta de digresiones, de episodios, de demoras y de prolongaciones, en la que no todo es manejado

²⁷ San Agustín. 1996. *La Ciudad de Dios*. Colección “Sepan Cuántos...” México: Porrúa, págs ix-xxviii.

con claridad. La proyección, en el más allá del espacio y del tiempo, de lo que el santo sabe por haberlo experimentado él mismo, en un presente cargado de su propio pasado y de su propio porvenir, le llevó a consideraciones aventuradas, discutibles o francamente erróneas. Pero la obra resulta excepcional por el plan que la inspira, y de un inmenso alcance por las perspectivas que abrió a la humanidad.

La Ciudad de Dios se divide en dos partes: una negativa, de carácter polémico contra los paganos (libros I-X), subdividida a su vez en dos secciones: los dioses no aseguran a sus adoradores los bienes materiales (I-V); menos todavía les asegura la prosperidad espiritual (VI-X); la otra positiva, que suministra la explicación cristiana de la historia (libros XI-XXII), subdividida asimismo en tres secciones: origen de la Ciudad de Dios, de la creación del mundo al pecado original (XI-XIV); historia de las dos ciudades que progresan la una con la otra y, por así decirlo, la una en la otra (XV-XVIII); los fines últimos de las dos ciudades (XIX-XXII).

De esta manera, San Agustín vió en la historia, así como en el individuo, la lucha entre dos principios de conducta, dos *amores*, por una parte el amor de Dios y la sumisión a su ley, por otra parte el amor a sí mismo, al placer, al mundo. Era, pues, perfectamente natural que viese la encarnación de la Ciudad celestial, Jerusalén, en la iglesia católica, y que pudiese haber en el Estado, particularmente en el Estado pagano, la encarnación de la Ciudad de Babilonia. El resultado de la actitud de San Agustín en ese orden de cosas es el de que uno se sienta tentado a suponer que, para el santo, la Ciudad de Dios puede identificarse con la Iglesia entendida como sociedad visible, y la Ciudad de Babilonia con el Estado como tal.

Es innegable que San Agustín pensó que las encarnaciones históricas más adecuadas de la Ciudad de Babilonia se encuentran en los imperios paganos de Asiria y Roma, como indudablemente pensó que la Ciudad de Jerusalén, la Ciudad de Dios, se manifiesta en la Iglesia. No obstante, las ideas de ciudad celestial y terrena son ideas morales y espirituales, cuyos contenidos no coinciden exactamente con ninguna organización real.

Por ejemplo, un hombre puede ser cristiano y pertenecer a la Iglesia; pero si el principio que dirige su conducta es el amor a sí mismo y no el amor a Dios, pertenece espiritual y moralmente a la Ciudad de Babilonia. Igualmente, si un oficial del Estado se conduce bajo la dirección del amor de Dios, si se propone la justicia y la caridad, pertenece espiritual y moralmente a la Ciudad de Jerusalén.

Así pues, aun cuando la Ciudad de Babilonia, en su sentido moral y espiritual, tiende a ser identificada con el Estado, particularmente con el Estado pagano, y la Ciudad de Jerusalén tiende a ser identificada con la Iglesia como organización visible, la identificación no es completa; no se puede concluir legítimamente que porque un hombre sea, por ejemplo, un personaje eclesiástico, sea necesariamente un ciudadano de la espiritual Ciudad de Jerusalén, porque, en lo que concierne a su condición espiritual y moral, puede pertenecer a la Ciudad de Babilonia. Además, si el Estado coincidiese necesariamente con la Ciudad de Babilonia, ningún cristiano podría ocupar legítimamente cargos en el Estado, ni siquiera ser un ciudadano, y San Agustín distó mucho de suscribir semejante opinión. En el mismo sentido de la idea de amor, la conformación del Estado que elabora San Agustín la basa en su idea de *justicia*; obviamente, justicia divina, con principios que necesariamente deben derivar del cristianismo: valor, felicidad y paz.

De esto surgen dos importantes consecuencias. La primera, es que la Iglesia cristiana ha de tratar de informar a la sociedad civil con sus propios celestiales principios de conducta: tiene la misión de obrar como la levadura de la tierra. La concepción agustiniana de la Iglesia de Cristo y la misión de ésta fue esencialmente una concepción dinámica y social: la Iglesia debe impregnar al Estado con sus principios. La segunda, consiste en que la Iglesia es, pues, la única sociedad realmente perfecta, y es claramente superior al Estado, puesto que, si el Estado debe tomar sus principios de la Iglesia, no puede estar por encima de ésta, ni siquiera a su mismo nivel.

Al mantener esa opinión, San Agustín encabeza la exaltación medieval de la Iglesia *vis-à-vis* del Estado, ya que según su modo de ver, la Iglesia es una sociedad superior a la que

Cristo ha sometido los reinos del mundo, y tiene el derecho de valerse de los poderes de este mundo. Pero si la opinión agustiniana de la relación Iglesia-Estado fue la que sería característica de la cristiandad occidental y no de Bizancio, no se sigue de ahí que tendiese necesariamente a socavar la importancia de la vida civil y social. Sin embargo, aunque San Agustín privase al Estado de su aura de divinidad, insistió al mismo tiempo en el valor de la libre personalidad humana y de la responsabilidad moral, incluso contra el Estado, de modo que en ese aspecto hizo posible el ideal de un orden social que descansa en la libre personalidad y en un esfuerzo común hacia fines morales.

Así, San Agustín hace extensivo este pensamiento a todo el ámbito de la historia del mundo. Su concepción social se resume en los dos esquemas intuitivos de “ciudad de Dios” y “ciudad del mundo”. No responde esta contraposición precisamente a las dos realidades sociales de la Iglesia y los Estados civiles, sino que expresa más bien las dos comunidades espirituales según la ley de Dios o contra ella, comunidad del orden o del caos, del ideal o del instinto. Lo mismo la Iglesia que Estado pueden alinearse en un campo como en otro. La ciudad del mundo puede quizás estar edificada sobre un orden humano, puede incluso presentar el aspecto de una magnífica organización; puede ser capaz de grandes realizaciones, pero mientras su esencia entera esté volcada en los bienes de esta tierra, de los cuales ansía gozar en vez de usar para un más alto fin, más allá de las apetencias puramente humanas, para un fin que está en Dios, pertenecerá aún a esta tierra; en el fondo no será más que desorden y sus valores serán en realidad pura ilusión.

La ciudad de Dios, en cambio, consta de hombres que entran en el eterno orden de Dios. No se sumergen en las cosas exteriores para gozarlas o gozarse en ellas, sino que viven, en Dios y de Dios, un orden ideal, y en el seno de él los hombres y el mundo se instalan en la paz y en el sabático reposo de Dios.

Ahora bien, fundamentalmente porque el estricto estudio de la evolución del concepto “espacio religioso” constituye en sí mismo un amplio tema de investigación, que por razones de formación académica escapa a nuestras posibilidades, se ha decidido incluir una

breve descripción de este concepto atendiendo a sus características -manifestaciones plásticas- y sus circunstancias histórico-sociales en el Apéndice No.1 (ver Apéndice No.1, pág.184), por considerar lo que este punto de vista pudiera aportar.

Por otra parte, en lo que se refiere a la concepción de significación que de este concepto se pueda tener; se observa que esta concepción del espacio religioso ha variado en el tiempo en cuanto a las características de diseño y estructura, apegadas a los estrictos cánones y preceptos divinos dictados por la alta jerarquía eclesiástica y seguida al pie de la letra por artistas, constructores y arquitectos, quienes estaban de algún modo bajo la protección de ésta, y que, cabalmente, con toda la parafernalia utilizada, cumplían con el propósito de impactar psicológicamente al individuo común.

Sin embargo, se duda que, salvo este impacto psicológico espectacular, el individuo común estuviera en condiciones de descifrar algún tipo de significación; dado que, entonces, como ahora, ni el arquitecto se ha preocupado por traducir al lenguaje coloquial, sus intenciones de significación, de diseño y de construcción de espacio; y, por otra parte, al individuo común no necesariamente le interesan.

No obstante, lo que en efecto se ha dado históricamente son algunas supuestas interpretaciones, sobre todo por parte de aquellos individuos cultos, o no tan cultos, que han pretendido traducir o interpretar significación en donde sólo pudieran encontrarse características, elementos, y en definitiva, parafernalia al servicio de un propósito; el cual consistía en suministrar una organización universalmente inclusiva de la sociedad y de la organización del espacio, que en el cristianismo, así como en las sociedades preclásicas, “la casa de Dios” ocupa el lugar central. Las torres de los templos medievales pretendían decir que ninguno de los edificios “humanos” podía ser más altos que los edificios consagrados a Dios.

Esto tiene su razón de ser, dado que las condiciones de vasallaje determinadas por los grupos que detentaban el poder -Estado, Iglesia, nobleza- establecían condiciones en las

cuales el individuo común centraba sus expectativas en un mundo ideal, espiritual, como recompensa a todas sus penurias de este mundo real, terrenal.

El cristianismo, por su parte, suministró dicha organización universalmente inclusiva que, a pesar de ser relativamente sumisa, estaba absolutamente decidida a no participar de la opresora y pecaminosa civilización clásica. Así se convirtió, inevitablemente, en un movimiento político que representaba la manifestación de las aspiraciones de las clases bajas oprimidas y de algunos ricos de buena voluntad, en las grandes ciudades y de la rebelión nacional de los pueblos orientales contra el helenismo dominante de las clases altas.

No obstante, el cristianismo no quedó confinado durante mucho tiempo a las clases bajas, y poco a poco, se fueron deslizando en sus enseñanzas muchas de las ideas humanistas de la época clásica, a medida que fue abarcando mayor número de prosélitos cultos. Pero también en el cristianismo, así como en las sociedades preclásicas, como se mencionó anteriormente, “la casa de Dios” ocupaba el lugar central.

Lo que tuvo una gran importancia para el futuro fue la conversión al cristianismo del filósofo conocido ahora como Juan Filoponos (hacia 530 d. C.)²⁸, ocurrida por ese mismo tiempo. Filoponos tuvo incluso la temeridad de negar la teoría aristotélica del movimiento y fundó la doctrina del impulso que, después de obtener algún apoyo entre los árabes y los escolásticos, habría de conducir, en manos de Galileo, al surgimiento de la dinámica moderna.

Las filosofías en que se basaba la teología, aunque estaban sujetas a disputa, eran fácilmente asimilables por parte de una religión fundada en la concepción del otro mundo. Pero no ocurría lo mismo en las ciencias de observación y experimentación; en primer lugar, porque les resultaba enteramente innecesaria la salvación y, por otro lado, porque su mera dependencia de los sentidos los hacía despreciar el valor de la revelación. La

²⁸ Bernal, J. D. 1979 *La Ciencia en la Historia*. México: U.N.A.M. Editorial Nueva Imagen, p.276.

superación de esta actitud fue labor de muchos siglos y sólo se logró en un ambiente económico y social muy diferente al del Imperio Romano en decadencia.

En todas estas disputas religiosas, la ciencia natural era una víctima segura. La filosofía clásica, particularmente en su última época, era “sirvienta de la teología”. El intento de combinar la filosofía y la Biblia fue una tarea que desafiaba ocasionalmente a la razón y que resultó muchas veces fatal para el logro de una comprensión clara de la naturaleza. La fe y la razón no pueden ser reconciliadas sin alegorizar la una o sin desfigurar la otra.

La causa de que la ciencia haya avanzado tan lentamente en la cristiandad, hasta la época del Renacimiento, no debe atribuírsele únicamente a la Iglesia sino, primordialmente, a las condiciones económicas que la mantuvieron tantísimo tiempo con un papel preponderante, pues dentro de las condiciones feudales, era imposible que el avance ocurriera con mayor celeridad.

El desenvolvimiento científico se retardó debido a que no utilizaron seriamente los métodos de investigar la naturaleza y, menos aún, de dominarla, pues carecían de incentivos para hacerlo y existía una multitud de razones para disuadirlos. El carácter clerical les imponía otras preocupaciones.

En total, las aportaciones medievales a las ciencias naturales pueden resumirse en algunas notas de San Alberto Magno (considerado el santo patrono de la ciencia), sobre historia natural y minerales, un tratado sobre aves de cetrería del emperador Federico II, una seria contribución al magnetismo -incluyendo experimentos- de Pedro el Peregrino, algunas mejoras a la óptica de Alhazen, hechas por Dietrich de Friburgo y Witelo -que incluyen una explicación sobre el arco iris sólo superada por Newton- y algunas críticas no muy originales sobre la teoría del movimiento de Aristóteles, debidas a Buridán y Oresme.²⁹

²⁹ Bernal, J. D. 1979 *La ciencia en la historia*. México: U.N.A.M. Editorial Nueva Imagen, p. 322. Cfr. Marías, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo I. segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, p.333.

En matemáticas y astronomía, aun cuando lo logrado es mejor, se tiene esencialmente lo mismo. La astronomía observacional -única ciencia en donde era necesaria la exactitud de la observación, el cálculo y la predicción- fue la disciplina en que se mantuvo durante más tiempo el predominio islámico. Las tablas de Maragha (hacia 1260) y las de Ulugh Beg (1394-1449) -astrónomos- fueron las mejores que hubo, hasta el Renacimiento.

Aun cuando la contribución de la cristiandad medieval a la ciencia haya podido ser injustamente ignorada en el pasado, lo que resulta peligroso ahora consiste más bien en exagerar su importancia hasta el grado de hacer ininteligible toda la historia de la ciencia. Lo importante es que, como tradición viva, la ciencia medieval floreció solamente en los siglos XII y XIII y que, a principios del siglo XVI, había descendido a una oscura pedantería que justifica y explica el desprecio de los hombres del Renacimiento hacia la "barbarie gótica".

Este hecho, aunado al de la identidad prácticamente existente entre los temas tratados y los métodos empleados por los escolásticos y los científicos del Islam, lleva a la conclusión de que la ciencia medieval, en su conjunto, debe ser considerada como el fin, más bien que como el comienzo, de un movimiento intelectual. Representa la fase final de la adaptación bizantino-siria-islámica de la ciencia helenística a las condiciones de la sociedad feudal. Surgió como consecuencia del derrumbe de la antigua economía clásica y, a su vez, decayó y desapareció junto con la economía feudal que la sucedió.

En la Edad Media, el objetivo científico supremo consistía en justificar las verdades del cristianismo, pues la salvación era considerada como la verdadera finalidad de la existencia humana sobre la tierra. Ningún conocimiento era más importante que el esquema de la salvación, y la Iglesia, con sus sacramentos y su organización, constituía el medio para asegurarla.

Estas consideraciones fueron las que orientaron el pensamiento medieval a la ordenación de todos los conocimientos y experiencias para edificar una majestuosa imagen del mundo,

en la cual quedaba comprendido, en esencia, todo lo humanamente importante por conocer.

De manera general, había un orden cósmico, un orden social, un orden interno del cuerpo humano, etc., y cada uno de ellos representaba estados a los cuales tendía a volver la naturaleza cuando era perturbada. Se pensaba que había un lugar para cada cosa y que cada cosa tenía su lugar.

Los elementos también guardaban un orden: la tierra abajo, el agua arriba, el aire más arriba y, el fuego, el más noble de los elementos, en la cumbre. Los órganos nobles del cuerpo -el corazón y los pulmones- estaban separados cuidadosamente de los órganos inferiores del vientre, por el diafragma.

Los animales y las plantas tenían también papeles apropiados en este orden general, no sólo satisfaciendo las necesidades del hombre, sino suministrándole ejemplos morales -la laboriosidad de la hormiga, el valor del león, la abnegación del pelicano, etc.

Esta curiosa idea del cosmos, complejo y ordenado, era también idealmente racional. En él se combinaban las conclusiones más lógicamente establecidas por los antiguos, (Mesopotamia, Egipto y Grecia), como se menciona en los tres párrafos anteriores, con las “incuestionables verdades” de las Escrituras y las tradiciones de la Iglesia. Tal parecía que el problema esencial había sido resuelto ya para todos los tiempos. Así, era posible contar con un universo que era, al mismo tiempo, práctico, teológicamente ortodoxo y eminentemente razonable.

Ahora bien, lo que no debe pasar desapercibido es la creación de la Universidad como aportación de esta época; ya que la enseñanza formal de la ciencia tiene sus raíces en las escuelas catedralicias que fueron surgiendo durante la Edad Media Cristiana; no en la Academia de Platón, que era una escuela de filosofía (aprender a ser sofista), ni en la organización cuasi-formal de la biblioteca de Alejandría.

Las escuelas catedrales, destinadas a formar personal para el servicio religioso se vieron saturadas de estudiantes impuestos por el rey o la nobleza, sin vocación sacerdotal; lo cual obligó a excluirlos, dada la considerable deserción de futuros sacerdotes; y la gran demanda de la población civil recurrió a la organización de Estudios Generales, que eran contrataciones temporales de maestros que acudieran a impartir cátedra cooperativamente, orientada hacia intereses más científicos que religiosos.

Existe cierto consenso en considerar a la Universidad de París (la Sorbona) como la más antigua organización universitaria y causa de que la antigua Lutecia llegara a convertirse en ciudad y sede del poder real.

Dado el papel preponderante que hoy tiene la universidad como vanguardia en el quehacer científico, se puede afirmar que ésta fue la gran creación medieval.

2. 4. La Ciencia Moderna.

El desarrollo de las poblaciones urbanas, del comercio y de la industria, que ganaba impulso hacia fines de la Edad Media, resultó ser incompatible con la economía feudal. Estos cambios fueron madurando lentamente en el seno del orden feudal, hasta que finalmente encontraron su plena expresión y, primero en un lugar y luego en otro, dieron comienzo a un nuevo orden, en la economía y en la ciencia.

Contando con mejores técnicas, más eficaces medios de transporte y mercados más amplios, la producción de mercancías destinadas a la venta aumentó constantemente. Las poblaciones donde se hallaban estos mercados habían desempeñado durante mucho tiempo un papel subsidiario, casi parasitario, dentro de la economía feudal; pero, en el siglo XV, los habitantes de los burgos, o burgueses, habían alcanzado tal poderío que empezaron a transformar el sistema en una economía en que el pago en dinero, en vez de los servicios forzosos, vino a determinar la forma de producción. Si bien esto es cierto, es importante señalar que el orden feudal viene a ser derrumbado por complejos procesos de

transformación, -necesidades sociales, movimientos político-sociales, religiosos-, condiciones en general, que van a posibilitar la creación y organización de nuevas formas de producción.

Durante el mismo período, 1450-1690, en que se desarrolló el capitalismo hasta convertirse en el modo dominante de producción, se desarrollaron también el experimento y el cálculo, como nuevos métodos de la ciencia natural; con una nueva cosmogonía, y con esto, una nueva concepción del espacio. El proceso de transformación fue complejo: los cambios producidos en las técnicas impulsaron a la ciencia y ésta, a su vez, condujo a cambios nuevos y más rápidos en la técnica.

El empleo de los inventos técnicos de fines de la Edad Media permitió que la agricultura, la manufactura y el comercio se incrementaran, propagándose en regiones cada vez más extensas. Las necesidades materiales del progreso económico provocaron un mayor desarrollo de las técnicas, particularmente de las relacionadas con la minería, la guerra y la navegación.

Los cambios en la ciencia contribuyeron a que se produjera una *revolución científica*, por la cual fue derrumbado el edificio entero de los supuestos intelectuales heredados de los griegos y canonizados por los teólogos musulmanes y cristianos, para sustituirlo por un sistema radicalmente nuevo. Una nueva concepción del mundo cuantitativa, atomista y secular y extendida hasta el infinito, reemplazó a la antigua concepción cualitativa, continua, limitada y religiosa, que los escolásticos musulmanes y cristianos habían heredado de los griegos. El universo jerarquizado de Aristóteles cedió su lugar al mundo mecanicista de Newton. Y, durante el período de transición, la crítica destructiva y la síntesis constructiva estuvieron tan estrechamente unidas, que es imposible hacer un deslinde de ellas.

Para comprender el verdadero proceso de creación de la nueva ciencia, es conveniente dividir todo el período abarcado por la revolución científica en tres fases principales, que

pueden ser denominadas, por conveniencia, como sigue: el Renacimiento, de 1440 a 1540; las Guerras de Religión, de 1540 a 1650; y la Restauración, de 1650 a 1690. Pero debe tenerse en cuenta que no se trata de tres épocas en mutuo contraste, sino de tres fases de un solo proceso: el de la transformación de la economía feudal en economía capitalista.

La magna obra de muchas manos y talentos quedó terminada con la formulación de los *Principios matemáticos de la filosofía natural* de Newton,³⁰ que vinieron a constituir el cimiento sobre el cual se consideró que era posible edificar confiadamente el resto de la estructura de la ciencia.

Las causas finales cedieron su lugar a las causas mecánicas y el universo jerarquizado de la Edad Media fue desalojado y sustituido por otro. A partir de entonces, las partículas independientes podían entrar libremente en interacción, guiadas por la invisible constitución de las leyes naturales.

No tuvo nada de accidental que fuera precisamente en el dominio de la astronomía, tan estrechamente relacionado con el de la geografía- en cuanto a la utilización de las técnicas, herramientas e instrumentos para determinar la longitud en el espacio- en donde se produjera el primer rompimiento -y, en muchos respectos, el más importante- con todo el sistema antiguo de pensamiento. Este rompimiento fue la clara y detallada exposición hecha por Copérnico, acerca de la rotación de la tierra sobre su eje y de su movimiento alrededor de un sol fijo.

Después de esta nueva consideración del sistema solar, pasó algún tiempo antes de que se produjeran los primeros efectos. Unos pocos astrónomos lo apreciaron como un medio de

³⁰ Newton, I. 1982 *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editorial Nacional. Otra de las aportaciones de Newton, se encuentra plasmada en su obra: Newton, I. 1977 *Optica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Editorial Alfaguara.
Cfr. Mariás, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo II. segunda edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 312. Y en: Staff of Columbia College, Columbia University 1961 *Introduction to Contemporary Civilization in the West*. "The Development of Modern Science" Vol I. third edition. New York: Columbia University Press, p. 836.

mejorar sus cálculos. Las tablas prusianas fueron preparadas en 1551, con base en el sistema copernicano, pero sólo unos cuantos las consideraron utilitariamente ciertas.

Además de que repugnaban al sentido común, los conocedores le encontraban muchas objeciones a la nueva concepción; en particular, no se explicaban cómo la tierra giraba sin producir fuertes corrientes de viento, o cómo no desviaba a los cuerpos en su caída. Estas objeciones fueron contestadas finalmente por Galileo.

Posteriormente, algunos pensadores encontraron en el sistema de Copérnico una ilustración convincente de lo insostenible de la antigua concepción aristotélica y medieval del mundo; y, también, otros que se inspiraron en dicho sistema para concebir el universo como infinito y abierto.

La 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 después por Newton.

El telescopio llegó a ser el instrumento científico de la época. La noticia de su invención llegó a oídos del profesor de física e ingeniería militar en Padua, Galileo Galilei (1564–1642), quien se decidió a construir uno y escudriñar con él los cielos. Galileo ya era entonces un copernicano convencido, además de que se encontraba profundamente interesado en los movimientos de los péndulos y en los problemas relativos a la caída de los cuerpos.

Galileo logró lo que otros no habían podido conseguir: formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos. Esta fue la obra magna de su vida, que sólo quedó expuesta por entero en sus *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*, publicados después de ser condenado; pero que ya estaba implícita en el *Diálogo concerniente a los dos principales sistemas del mundo*,³¹ que fue la causa inmediata de su conflicto con la Iglesia.

La interpretación matemática de los experimentos de Galileo sobre la caída de los cuerpos, resultó ser mucho más difícil que los experimentos mismos. Lo que era indispensable era entender cómo un cuerpo que se mueve con una velocidad que varía continuamente, puede tener una velocidad particular en un instante dado.

Combinando los experimentos exactos con el análisis matemático, resolvió el problema relativamente simple de la caída de los cuerpos, demostrando que en ausencia del aire describen una trayectoria parabólica.

Para comprender plenamente el movimiento de los cuerpos -se requiere primero el tratamiento de las fuerzas en equilibrio- que se hace en la estática y luego el estudio de las fuerzas cuando no existe equilibrio, que es la tarea de la dinámica. Estas fueron las “dos nuevas ciencias” con que Galileo no sólo estableció los fundamentos de las leyes del movimiento, sino también de la teoría matemática y de la resistencia de los materiales; que desarrolló con base en sus discusiones con los maestros constructores de navíos.

Galileo afirmó, de una manera mucho más clara que cualquiera de sus antecesores, que las propiedades necesarias e intrínsecas de la materia eran: la extensión, la posición y la densidad, ya que eran las únicas que podían ser tratadas matemáticamente y, por lo tanto, con alguna certeza. Todas las otras: sabores, olores, colores, no son otra cosa que meros

³¹ Galilei, G. 1945 *Diálogos acerca de dos nuevas ciencias*. Buenos Aires: Editorial Losada.
Cfr. Marias, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo I. 2a. edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 910.
Y en: Staff of Columbia College, Columbia University. 1961 *Introduction to Contemporary Civilization in the West*. Vol. I. third edition. New York: Columbia University Press, p. 786.

nombres, respecto al objeto en el cual parecen residir y que únicamente existen en las impresiones sensibles. Esto no era considerado por los sustentantes de la nueva ciencia como una limitación, sino como un programa para llegar a reducir todos los experimentos a las cualidades primarias de: dimensión, forma, cantidad y movimiento.

El primero de los objetivos intelectuales de la revolución científica ya se había conseguido: había quedado destruida la concepción clásica del mundo, aun cuando apenas si se habían esbozado los lineamientos generales de la nueva concepción. Con esto, se habían encontrado nuevos medios para comprender a la naturaleza y conquistarla; pero, en cambio, eran muy pocas las aplicaciones que se pudieran considerar de uso práctico general.

Dos hombres de los países septentrionales, menos cultos pero más activos, fueron los que tomaron a su cargo esa tarea. Estas dos magnas figuras, Bacon³² y Descartes,³³ se encuentran colocados en el punto de inflexión entre la ciencia medieval y la ciencia moderna. Ambos fueron esencialmente profetas y divulgadores, hombres que tuvieron la visión de las posibilidades del conocimiento y que se ocuparon de mostrarla al mundo. Los dos tuvieron una perspectiva universal, aunque su consideración del conocimiento haya sido muy distinta.

Los dos pensadores se preocuparon por el método, aunque también sus ideas acerca del método científico fueron muy diferentes. Bacon consideró que el método consiste en recolectar materiales, efectuar procesos de inducción en gran escala y encontrar resultados partiendo de una gran masa de evidencias, o sea, que concibió esencialmente el método inductivo.

³² Bacon, F. 1956. *Utopías del Renacimiento*. México: Fondo de Cultura Económica.

Cfr. Marías, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo I. 2a. edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 846.

³³ Descartes, R. 1979 *Discurso del Método*. Tr., estudio preliminar y notas de Riseri Frondizi. Madrid: Alianza Editorial.

Cfr. Marías, J. 1961 *Historia de la Filosofía*. 14a. edición. Madrid: Ed. Manuales de la Revista de Occidente, pp. 210-211.

Descartes, en cambio, prefirió la intuición pura, considerando que al lograr claridad del pensamiento se tenía la posibilidad de descubrir todo lo que fuera racionalmente cognoscible, de tal modo que el experimento viene a ser esencialmente un auxiliar del pensamiento deductivo.

La principal contribución matemática de Descartes fue la geometría de coordenadas, (entiéndase espacio) en la cual, una curva se puede representar completamente por medio de una ecuación que relaciona los valores de las coordenadas de sus puntos, con respecto a unos ejes fijos. Así con la combinación de ambos métodos, fue posible abordar problemas que nunca antes se habían intentado.

Descartes formuló, de una manera más precisa que cualquiera de sus antecesores, la división del universo tal y como lo veía: en una parte física y otra moral. Con Descartes, esta separación se convirtió en una parte integrante y racional de la filosofía. Al igual que Galileo, la extensión y el movimiento fueron las únicas realidades físicas que reconoció como *primarias*.

Con todo, en esta época todavía no había suficiente madurez para que la conciencia natural tuviera un gran desarrollo y produjera sus primeros frutos. Esto vino a ocurrir en el siguiente período de 1650 a 1690, de la *Gran Instauración* -o, como podría decirse también, de la reconstrucción- que fue cuando se realizaron los sueños de Bacon de institucionalizar la ciencia.

A la larga, gracias al estímulo que se dio a *la comprensión de los oficios, por parte de los naturalistas*; la Royal Society de Londres (1662) pudo establecer los cimientos de aquel examen racional y aquella reconstrucción de las artes tradicionales y de las manufacturas, que desembocaron en la Revolución Industrial del siglo siguiente. En realidad, sus trabajos llevaron directamente a lo que fue la característica central de esta revolución: la máquina de vapor que, con todo derecho, puede ser denominada *máquina filosófica*. Esta máquina no fue fruto de ningún inventor aislado, sino de los grupos de científicos

agrupados en la Academia de Cimento, a la que se debe realmente el inicio de esta invención, en Florencia (1651-1667); la Royal Society y la “Académie des Sciences” de Francia (1666).

En realidad, tanto los antiguos como los modernos coincidían en la importancia que concedían al estudio de los cielos. Pero, debido a que los intereses de los modernos eran más prácticos que filosóficos, necesitaban una respuesta de otra índole muy diferente. El encontrar esta respuesta en forma completa y satisfactoria fue tarea de toda una serie de matemáticos y astrónomos, que incluye a casi todos los grandes nombres científicos de la época -Galileo, Kepler, Descartes, Borelli, Hooke, Huygens, Halley, Wren- y que condujo a la clara unificación de la mecánica en *De Philosophie Naturalis Principia Mathematica* de Newton,³⁴ en donde formuló y demostró su teoría de la gravitación universal.

Los astrónomos tenían, además, otra razón más imperiosa para descubrir las leyes del movimiento del sistema solar. Necesitaban contar con tablas astronómicas más precisas que las existentes, las cuales habían bastado en la época en que la astronomía se requería principalmente para hacer predicciones astrológicas; pero las exigencias de la navegación eran mucho más severas.

La determinación de la longitud geográfica fue una cuestión que preocupó a los astrónomos y a los marinos durante muchas décadas, e incluso durante siglos. Y, justamente con el propósito de ayudar a la solución de este problema práctico, fue que se establecieron las primeras instituciones científicas sostenidas económicamente por el Estado: el Observatoire Royale de París, en 1672; y el Royal Observatory de Greenwich, en 1675.

³⁴ Newton, I. 1982 *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editorial Nacional.
Cfr. Marias, J. 1963 *La Filosofía en sus Textos*. Tomo II, 2a. edición. Barcelona: Editorial Labor, p. 312.

La solución del problema de la determinación de la longitud se encuentra, esencialmente, en la determinación de la hora absoluta -o, como hasta recientemente decíamos, de la hora de Greenwich³⁵ en cualquier lugar. Al comparar esta hora con la hora local, se obtiene el intervalo de tiempo que es directamente convertible en longitud o espacio. Para determinar la hora de Greenwich en un lugar cualquiera sólo había dos métodos, por lo menos antes de que se inventara la radio: uno era el de observar los movimientos de la luna entre las estrellas, con lo cual se empleaba un reloj ya existente en el firmamento; y el otro consistía en llevar un reloj exacto, puesto originalmente con la hora del meridiano tomado como origen.

2. 5. La Ciencia Actual o Contemporánea.

No se comprenderían cabalmente: las tendencias de la ciencia en el siglo XX, la concepción del mundo y el concepto multidisciplinariedad, si no se señalan las condiciones previas, por no llamarlas, en estricto rigor, etapa de transición, que dieron origen a la ciencia actual y su inusitada especialización. Por lo tanto, en esta parte del trabajo se analizará la época que comprende del siglo XVIII hasta mediados del siglo XX, por lo que se evidenciará el surgimiento de las ciencias sociales o ciencias del hombre. Por simple forma convencional, el tratamiento se llevará a cabo analizando en primera instancia el surgimiento de la sociología; para, en seguida, analizar el efecto social del darwinismo; que determina la orientación del quehacer científico y, obviamente, condiciona una diferente cosmogonía.

2.5.1. Progreso y competencia individual.

Darwin, que no era filósofo ni sociólogo, se abstuvo modestamente de servir como árbitro en el uso de sus conceptos en campos distintos del de la biología. El filósofo, el

³⁵ Actualmente, con la invención de los relojes atómicos, tan precisos que detectan las menores irregularidades de la rotación terrestre, por ínfimas que sean. En la nomenclatura internacional, el tiempo de los relojes atómicos es definido por el Bureau International de L'Heure (B.I.H.) como TAI (tiempo atómico internacional).

sistematizador, el sociólogo, el propagandista de la evolución en otros campos fue Herbert Spencer.³⁶

Su contribución al desarrollo de la sociología como disciplina -representada de la mejor manera en su obra excelente titulada *Estudio de la Sociología*- está muy lejos de ser despreciable. En este libro refutaba laboriosamente todos los argumentos opuestos a la posibilidad de una ciencia de la sociedad, y después insistía en que la única lección aprovechable de esta nueva ciencia era que el hombre no podría dominar su medio ambiente social, pero que debería ser abandonado a sus propios medios. En 1852 acuñó la expresión *supervivencia del más apto*, y bosquejó una teoría del progreso humano que descansaba en la idea de la supervivencia de los mejor adaptados.

La lucha de grupos había sido -según Spencer- indispensable en un principio para la evolución social, puesto que aceleró la aparición de las primeras formas de cooperación social y permitió la consolidación de los grupos pequeños en otros grandes. “No solamente vemos -escribió en los *Principios de Sociología*- que en la competencia entablada entre los individuos de la misma clase el tipo más perfecto de producción ha estado fomentado por la supervivencia del más apto, sino también podemos advertir que a la guerra incesante entre las especies se debe, antes que otro factor, el crecimiento y la organización.”³⁷

La doctrina spenceriana abrazó un individualismo atomista: la sociedad, más que una organización, era un libre agregado de individuos; la calidad de la sociedad estaba determinada por la calidad moral media de los individuos que la componían; la manera de mejorarla no consistía en hacer mejor o más elevada su organización, sino simplemente en mejorar la calidad de sus partes constitutivas, y esto únicamente podía conseguirse dejando que los menos dotados murieran y que sobrevivieran los mejores, para que transmitieran sus

³⁶ Spencer, Herbert. (1877-83) *The Principles of Sociology*. New York: Appleton.

³⁷ Spencer, Herbert. (1877-83) *The Principles of Sociology*. New York: Appleton, p.604.

cualidades a las generaciones posteriores. Cuando este proceso hubiera avanzado lo bastante, se conseguiría por fin la perfección.

2.5.2. La evolución en lo ético.

Mientras que en Inglaterra, y sobretudo en América, el darwinismo se fusionó con el liberalismo económico para formar una doctrina de la competencia incesante y el *laissez-faire*, en todos los países se aprovechó para justificar al nacionalismo, el imperialismo, el racismo y el militarismo. Donde los darwinistas que propugnaban el individualismo económico, ponían el acento sobre la lucha entre individuos, los militaristas, racistas y nacionalistas enfrentaban la lucha entre razas o grupos, que al fin de cuentas, significan diferentes interpretaciones del espacio; espacio económico, espacio territorial o geográfico y alcance cultural.

Sólo por corto plazo dominaron el campo los apóstoles del individualismo o la violencia. No pasó mucho tiempo sin que aparecieran varios importantes escritores que partieron de premisas naturalistas y darwinistas para llegar a conclusiones muy diferentes. Entre éstos ocupa un lugar destacado Thomas Henry Huxley, antiguo defensor de la evolución, cuyo testimonio era de gran peso. Ya en 1888, en un ensayo titulado “La Lucha por la Existencia en la Sociedad Humana” Huxley argüía que ésta, aunque es una parte de la naturaleza, está aparte, pues persigue *un objetivo moral definido*. El curso descrito por el hombre ético es diferente del que sigue el hombre como animal, como ser perteneciente al reino de los irracionales. El *salvaje primitivo* lleva la lucha por la existencia hasta el máximo de su encono, pero el hombre ético *consagra sus energías a la asignación de límites a la lucha*.³⁸

En su famosa lección “Evolución y Ética” (1893),³⁹ Huxley protestaba contra la falacia principal, según él, de la llamada ética de la evolución: la idea de que la lucha por la

³⁸ Staff of Columbia College, Columbia University. 1961 *Introduction to Contemporary Civilization in the West*. Vol II, third edition. New York: Columbia University Press, p. 858.

³⁹ *Ibid.*, p. 857.

existencia ha de presidir necesariamente el progreso del hombre en la sociedad, solamente por haberse pensado que es el modo de cambio y de organización progresiva de los vegetales y animales. Decía que esta falacia se debía a la ambigüedad de aquella frase fatal: *supervivencia del más apto*. Más *apto* equivale a *mejor*; y el término *mejor* huele a calificación moral. Pero en la naturaleza cósmica lo *más apto* depende de condiciones. Estas condiciones no siempre suponen formas *superiores* para un criterio ético.

Admitía Huxley que el hombre en la sociedad está sometido a un proceso evolutivo o *cósmico*. Pero éste resulta más dudoso cuanto menos rudimentaria y más avanzada sea la civilización humana. Progreso social quiere decir la detención del proceso cósmico en cada uno de sus pasos, y la sustitución de dicho proceso por otro que puede llamarse ético; el fin de éste no es la supervivencia de todos los que puedan ser más aptos, respecto al conjunto total de condiciones dadas, sino de aquéllos que éticamente sean mejores. El proceso ético exige autorrestricción y ayuda mutua, y su influjo no está orientado tanto a la supervivencia del más apto como a la adaptación de todos los que puedan sobrevivir. Esto va contra la teoría gladiatoria de la existencia.

Pueden resumirse brevemente los argumentos principales que se adujeron en oposición al darwinismo social. La mayoría de las adaptaciones del darwinismo al pensamiento ético y social descansaban en el supuesto de la equivalencia entre evolución y progreso, y en que el *más apto* coincidía con el mejor moralmente, el más útil en la sociedad, o el más fuerte en lo físico. Pero era fácil darse cuenta del valor que tenía el argumento de Huxley, según el cual, el concepto biológico de la adaptación se indica simplemente el ajuste a *alguna* clase de medio ambiente, sin juzgar la bondad de lo que éste exigiera por ningún criterio racional.

Asimismo, se combatió la apoteosis de la *naturaleza*, rasgo tan común en el espíritu social-darwinista. Los procesos naturales -se dijo- son demasiado pródigos en recursos y en crueldades para que puedan emplearse como modelo conveniente al hombre. Además el mirar a la *naturaleza* como si fuera necesariamente benéfica -por modo de predestinación

o, en cierto sentido, providencial- no era nada científico, sino más bien una concepción mística. El hombre no se distinguía por aceptar los procesos que rigen en el resto de la naturaleza, sino por adaptarse activamente a ellos y superarlos.

2.5.3. La ciencia social y el método evolutivo.

Algunos historiadores -entre los que destaca E. A. Freeman- habían rastreado la evolución de las constituciones e instituciones políticas, comparándolas, clasificándolas y etiquetándolas como hace el botánico con sus especies. Otros descubrieron que ésta no era sino una manera de estudiar la historia, pero no la única, y tampoco la más fructífera. Y empezaron a interpretar la cultura humana como un todo en interacción, no como un cúmulo de *instituciones* con algún tipo de norma independiente de vida histórica por sí propia.

Bajo la influencia de los darwinistas, los sociólogos habían presentado los procesos sociales, por metáfora y analogía, en términos biológicos. Comenzaron después a pensar que esa tarea no debía estar en la analogía, sino en el análisis de los procesos sociales. Habían estado explicando los principios de la vida social con conceptos derivados de otro territorio fundamentalmente ajeno a ella. En 1909, cuando se hicieron cargo los pensadores del legado de medio siglo de ideología darwiniana, la decadencia de la vieja sociología evolucionista era cosa de observación común.

Cuando los sociólogos y filósofos se libraron de las normas intelectuales decimonónicas, revelaron una tendencia progresiva a considerar no solamente equivocado el tratamiento biológico y seleccionista de los problemas humanos, sino también irrelevante como punto de partida para abordar sus principales problemas. Los científicos de lo social apoyaron su labor en el concepto del hombre como criatura cultural, y no simplemente animal.

La psicología absorbió su atención, en lugar de la biología; pero dejaron de sentirse inclinados a poner a la sociología en una relación tan pasiva con ella como se había puesto

antes con la biología. En lugar de deducir los principios y métodos de la ciencia social a partir de la psicología, infundieron en los principios de ésta su propia concepción de carácter social del hombre.

En el siglo XVIII se definió al ser humano como: “animal creador de instrumentos”; después como: “un primate con pulgar oponible”; más tarde como: “una criatura creadora de símbolos y comunicativa”. Al hablar de la perspectiva del siglo XX, la vieja manera de seguir los métodos de la ciencia física redujo la psicología a la fisiología, la histología y la genética, y la desvió cada vez más lejos de los problemas que se deberían abordar. Las ideas generativas de la física y la química, de la medicina y la biología, no consiguieron dar a la ciencia social un concepto vivificante. El tema central de la moderna investigación - sea en la lógica, la psiquiatría, la religión o la indagación social- es la *respuesta humana*, concebida constructiva y no pasivamente.

2.5.4. El ideal mecánico y el horizonte de la ciencia.

Toda ciencia en estado rápido de desarrollo llamará probablemente la atención en forma considerable. Durante el período de la mecánica newtoniana se avanzó en el campo de la biología, pero fue aquélla la fuente principal de los sistemas filosóficos, porque podía ofrecer numerosas nociones para la organización del saber. Durante la época de Darwin, no dejaron de producirse importantes avances en la mecánica, pero el espíritu especulativo estuvo arrastrado por la biología.

En el siglo XX, se ha realizado una gran labor, tanto en la ciencia mecánica como en la biología; sin embargo, pocos pensadores se sienten hoy tentados a forjar sus opiniones acerca del mundo extendiendo simplemente los principios mecánicos o biológicos al reino total del conocimiento. Ningún área particular de conocimiento ocupa en el pensamiento del siglo XX el lugar central que ocupó la física en el XVIII o la biología en el XIX.

Los filósofos se han tornado cada vez más escépticos con respecto a las pretensiones de interpretar al universo mediante un esquema monista, y están mejor dispuestos hacia la idea de que las diferentes áreas del conocimiento deben abordarse por medio de instrumentos intelectuales diferentes.

Según ha ido tomando cuerpo la creencia de que el hombre ha ganado un maravilloso dominio en casi todos los aspectos de la naturaleza, excepto en el de su propia conducta, el foco de su atención se ha centrado, con mayor constancia, en la psicología y en las ciencias sociales.

Es significativo que uno de los mayores triunfos de la física moderna -la liberación de la energía atómica- no conducirá probablemente a nadie a interpretar el mundo por el átomo, sino que ha hecho que los físicos ponderen su papel social y su influjo político. Así como en los siglos XVIII y XIX el pensamiento se centró en torno al universo y la naturaleza, en el XX el hombre ha tomado de nuevo el centro que había ocupado antes de la revolución copernicana.

1020128421

3. EL DESARROLLO HISTÓRICO DEL CONCEPTO ESPACIO.

El Espacio:⁴⁰ La noción de espacio ha dado origen a tres problemas diferentes o, mejor dicho, a tres órdenes de problemas: 1) el problema acerca de la naturaleza del espacio; 2) el que rige en torno a la realidad del espacio; 3) el concerniente a la estructura métrica del espacio. La respuesta a este último problema no es más que una geometría y sus diferentes respuestas constituyen las diferentes geometrías.

3. 1. El Problema acerca de la Naturaleza del Espacio.

El primer problema concierne al verdadero y propio concepto de espacio y es el problema acerca de la naturaleza de la exterioridad en general, esto es, de aquello que hace posible la relación extrínseca entre los objetos. Einstein, en el prefacio⁴¹ a un libro histórico sobre el concepto de espacio, ha distinguido dos teorías fundamentales del espacio, que son: a) el espacio como la cualidad posicional de los objetos materiales en el mundo; b) el espacio como el continente de todos los objetos materiales. A estos dos conceptos se puede agregar otro, que el mismo Einstein ha fundado; c) el del espacio como campo.

3.1.1. El Espacio como Cualidad Posicional.

La primera concepción es la del espacio como lugar, o sea, como posición de un cuerpo entre los demás cuerpos. Aristóteles define el espacio en este sentido como “el límite inmóvil que abraza un cuerpo”⁴², definición que considera idéntica al concepto platónico que identificaba al espacio con la materia.⁴³ En virtud de este concepto, no existe espacio donde no existe un objeto material; por lo tanto, el teorema principal de esta teoría del espacio es la inexistencia del vacío.⁴⁴

⁴⁰ Abbagnano, N. 1987 *Diccionario de Filosofía*. México: Fondo de Cultura Económica, pp. 435-440.

⁴¹ Jammer, M. 1970. *Conceptos de Espacio*. México: Grijalbo.

⁴² Aristóteles. 1952. *The Physics*. trad. Philip H. Wicksteed. Londres: W. Heinemann, cap. 4, p.212-220

⁴³ Platón. 1996. *Diálogos; Timeo o de la Naturaleza*. Colección “Sepan Cuántos...” Vol. 13 México: Porrúa, p.688.

⁴⁴ Aristóteles. 1952. *The Physics*. trad. Philip H. Wicksteed. Londres: W. Heinemann, cap. 8, p.214b 11.

Esta fue la teoría que prevaleció en la Antigüedad y fue aceptada durante toda la Edad Media, incluso por los adversarios de Aristóteles. Dicha teoría fue defendida en el Renacimiento por Campanella ⁴⁵ y aceptada y expuesta de nuevo por Descartes, según los términos de su geometría. Descartes establecía, entre el lugar y el espacio, una diferencia sólo nominal, en cuanto que “el lugar señala la situación en forma más expresa que el tamaño o la figura, y, por lo contrario, pensamos más en estos últimos cuando hablamos del espacio”. Pero las dos cosas son idénticas:

“Si decimos que una cosa está en un determinado lugar, queremos decir tan sólo que está situada de una manera determinada con respecto a otras cosas; pero si agregamos que ocupa un determinado espacio o un cierto lugar, entendemos, además que posee un tamaño y una figura tales que pueden llenarlo exactamente”⁴⁶. Por consiguiente, Descartes negó la existencia del vacío, como la negó Spinoza, que compartía la misma noción del espacio ⁴⁷. A su vez, Leibniz defendió esta concepción contra Newton y los newtonianos. “Si el espacio es una propiedad o un atributo -decía-, debe ser la propiedad de alguna sustancia. El espacio vacío limitado, que sus sostenedores suponen entre dos cuerpos: ¿de qué sustancia sería propiedad o afección?” ⁴⁸

Pero la vieja concepción encontró en Leibniz una nueva y feliz expresión, la expresión en términos de la noción de orden, que debería ser la clásica. “Yo considero al espacio -decía Leibniz, polemizando contra Newton y los newtonianos- como algo puramente relativo, del mismo modo que el tiempo, o sea como un orden de las coexistencias, tal como el tiempo es un orden de las sucesiones. Ya que el espacio señala, en términos de posibilidad, un orden de cosas que existen al mismo tiempo, en cuanto existen en conjunto, sin entrar en sus modos de existir.” ⁴⁹

⁴⁵ Copleston, F. 1988. *Historia de la Filosofía*. Tomo III: De Ockham a Suárez. México: Ariel, p.247.

⁴⁶ Copleston, F. 1992. *Historia de la Filosofía*. Tomo IV: De Descartes a Leibniz. México: Ariel, pp.125-126.

⁴⁷ Spinoza, B. 1996. *Ética*. Colección “Sepan Cuántos...” Vol. 319 México: Porrúa, p.16.

⁴⁸ Copleston, F. 1992. *Historia de la Filosofía*. Tomo IV: De Descartes a Leibniz. México: Ariel, pp.284-285.

⁴⁹ Copleston, F. 1992. *Historia de la Filosofía*. Tomo IV: De Descartes a Leibniz. México: Ariel, p.285

La definición de Leibniz fue adoptada por Wolff y por Baumgarten. Kant mismo la defiende, en los primeros escritos, y declara haberla abandonado sólo en 1768, en el escrito acerca del primer fundamento de la distinción de las regiones en el espacio. En este escrito declara insuficiente la concepción del espacio como orden de las coexistencias: “Las posiciones de las partes del espacio, en relación entre sí -dice- presuponen la región según la cual se ordenan en tal relación, y entendida del modo más abstracto, la región no consiste en la relación que una cosa tiene con otra, en el espacio (lo que propiamente constituye el concepto de posición), sino en la relación del sistema de estas posiciones con el espacio cósmico absoluto”.⁵⁰

Sin embargo, la concepción posicional del espacio nunca es totalmente abandonada por el pensamiento filosófico posterior. Parece presupuesta, en lo que puede revelarse a través del carácter genérico y confuso de los conceptos adoptados por las teorías idealistas del espacio. Y ha hallado una defensa enérgica y muy lúcida en el análisis de Heidegger (1889-1976), quien ha afirmado que “ni el espacio es en el sujeto, ni el mundo es en el espacio”⁵¹, pero que el sujeto mismo, o sea la realidad humana, el 'ser ahí' es espacial en su naturaleza. Y es espacial porque, en su ser en el mundo, en sus relaciones con las cosas, está dominado por la cercanía o por la lejanía del útil 'a la mano', o sea por un conjunto de relaciones espaciales posibles que la “intuición formal” del espacio descubre como el espacio puro, en una serie gradual que va desde la morfología pura de las figuras espaciales, pasando por el análisis en sitio, hasta la ciencia puramente métrica del espacio.”⁵²

3. 1. 2. El Espacio como Continente de los Objetos Materiales.

La segunda concepción del espacio es la que lo considera como el recipiente gradual que va desde la morfología. Esta concepción nació con el atomismo antiguo y su teorema

⁵⁰ Kant, I. 1952 *Crítica de la Razón Pura*. Buenos Aires: Editorial Sopena, p. 91

⁵¹ Heidegger, M. 1986. *El ser y el tiempo*. México: Fondo de Cultura Económica, p.127

⁵² *Ibid.*, p.129.

fundamental es la existencia del espacio vacío y su infinitud. Demócrito había expresado ya este teorema, afirmando que los átomos se mueven en el espacio vacío y que este espacio es infinito⁵³. Epicuro heredó esta concepción⁵⁴ que fue defendida por Lucrecio Caro⁵⁵. La misma concepción del espacio fue compartida por los estoicos, en particular por Zenón.

Borrada durante mucho tiempo por la concepción aristotélica, esta doctrina vuelve a reconstruirse en el Renacimiento. Telesio afirma que el espacio debe poder ser el receptáculo de cualquier cosa, de modo tal que, sea que las cosas estén en su interior o que se alejen de él, permanezca idéntico y acoja con prontitud todas las cosas que se le suceden y que, al mismo tiempo, sea tan grande como lo son las cosas que en él hallan lugar. El espacio es, por lo tanto, infinito e incorpóreo: la existencia del vacío es un hecho de experiencia. La infinitud del espacio fue del mismo modo defendida por Giordano Bruno.

Esta concepción del espacio prevaleció en la ciencia por obra de Newton. Decía Newton: "El espacio absoluto, por su propia naturaleza sin relación a algo externo, es siempre igual e inmóvil. El espacio relativo es la dimensión móvil o la medida del espacio absoluto y nuestros sentidos lo determinan mediante su posición respecto a los cuerpos y a menudo es intercambiado por el espacio inmóvil: tal es la dimensión de un subterráneo, un espacio aéreo celeste, determinado por su posición con respecto a la tierra. El espacio absoluto y relativo son idénticos en figura y tamaño, pero no son siempre numéricamente los mismos. Porque si, por ejemplo, la tierra se mueve en un espacio de nuestro aire, el cual relativamente y con respecto a la tierra sigue siendo siempre el mismo, en un determinado tiempo será parte del espacio absoluto que el aire atraviesa y en otro tiempo será otra parte del mismo espacio." ⁵⁶

⁵³ Hirschberger, J. 1981. *Historia de la Filosofía*. Tomo I: Antigüedad-Edad Media-Renacimiento. Barcelona: Herder, p.65

⁵⁴ Diógenes, L. 1985. *Epicuro; Carta a Herodoto*. Publicado en el libro *De la Naturaleza*. De Tito Lucrecio Caro. Colección "Sepan Cuántos..." Vol.485. México: Porrúa, p. 257.

⁵⁵ Caro, T.L. 1985. *De la Naturaleza*. Colección "Sepan Cuántos...". Vol. 485 México: Porrúa, p.16.

⁵⁶ Newton, I. 1982. *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editorial Nacional, p.229

La polémica de Leibniz contra esta doctrina no llegó a impedir su éxito. Aproximadamente un siglo después, Euler decía: “Supongamos que todos los cuerpos que ahora se encuentran en mi habitación, comprendido el aire, sean anulados por la omnipotencia divina. Obtendremos entonces un espacio que, aun teniendo el mismo largo, ancho y profundidad de antes, no contiene ya cuerpo alguno. He aquí, por lo tanto, la posibilidad de una extensión que no es un cuerpo. Semejante espacio sin cuerpo es denominado vacío y un vacío es, por lo tanto, una extensión sin cuerpo.”⁵⁷

Ya se ha visto cómo la noción newtoniana del espacio terminó por prevalecer (quizá por influencia del mismo Euler), en la doctrina de Kant. Esta noción prevalece, del mismo modo, en toda la física del siglo XIX, aun cuando encontrara frecuentes críticas en la parte que se refiere al espacio absoluto.

Clerk Maxwell afirmaba que “todo nuestro conocimiento, tanto en el tiempo como en el espacio, es esencialmente relativo”⁵⁸. Mach habló de la monstruosidad conceptual del espacio absoluto. Esta teoría del espacio fue, sin embargo, admitida o presupuesta por la física, hasta Einstein.

3. 1. 3. El Espacio como Campo.

La tercera concepción fundamental del espacio es la que Einstein ha hecho prevalecer en la física contemporánea. A primera vista y, en especial, considerando solamente la relatividad espacial, la doctrina einsteniana del espacio es un retorno a la teoría clásica del espacio como posición o lugar. Dice Einstein a este propósito: “Nuestro espacio físico, tal como lo concebimos para el trámite de los objetos y de su movimiento, posee tres dimensiones y las posiciones están caracterizadas por tres números. El instante en el que se verifica el hecho es el cuarto número. A todo hecho corresponden cuatro números

⁵⁷ Euler, L. 1985. “Cartas a una princesa alemana” en *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia*. México: SEP, p.105.

⁵⁸ Clerk-Maxwell, J. 1920. *Matter and Motion*. Londres: Dover., p.12.

determinados y un grupo de cuatro números corresponde a un hecho determinado. Por lo tanto, el mundo de los hechos constituye un continuo cuatridimensional.”⁵⁹

En este concepto de espacio, la novedad parece ser exclusivamente la adición de la coordenada temporal a las coordenadas con las cuales Descartes definió el espacio mismo. Pero, en la relatividad general, el abandono de todo concepto tradicional es más radical. Aquí ya no tiene sentido hablar del espacio prescindiendo del campo, que es usado para representar los fenómenos físicos. Tanto los fenómenos de inercia como los gravitacionales se explican mediante cambios en la estructura métrica del campo: “En lugar de un sistema de referencia rígido y fijo (como se ha observado justamente) existe ahora ocasión para verificar las variaciones en la curvatura del espacio o bien, lo que es lo mismo, el uso de criterios no euclidianos de medida y de cálculo, en diferentes partes del campo como un todo, según las variaciones en la densidad de la materia y de la energía... Prescindiendo del campo, por lo tanto, no existe nada y, contrariamente incluso a la relatividad espacial, ni siquiera el espacio vacío. En este sentido, el campo, en la visión de Einstein, sustituye como concepción unitaria tanto a la materia (ponderable o imponderable) como al espacio”.⁶⁰ Paradójicamente, por lo tanto, la concepción más actual del espacio no es más que la renuncia implícita al concepto clásico de espacio y el encaminamiento hacia el uso de otros conceptos menos ligados a abstracciones tradicionales y más aptos para describir los resultados de la observación.

3. 2. El Problema en Torno a la Realidad del Espacio.

El problema de la realidad del espacio ha dado lugar a tres diferentes soluciones: 1) la tesis de la realidad física del espacio ; 2) la tesis de la subjetividad del espacio; 3) la tesis de que el espacio es indiferente al problema de la realidad o irrealidad.

⁵⁹ Einstein, A. e Infeld, L. 1961. *La física aventura del pensamiento*. Buenos Aires: Losada, pp.178-179.

⁶⁰ Munitz, M. K. 1957 *Space, Time and Creation; philosophical aspects of scientific cosmology*. Glencoe, Ill: Free Press, pp. 112-113.

3. 2. 1. Tesis de la Realidad Física.

La tesis de la realidad física o teológica del espacio es inherente a la filosofía antigua. Ya sea que concibieran el espacio como lugar o posición, ya que lo concibieran como recipiente, los antiguos creyeron en la realidad del espacio y lo consideraron como un elemento o una condición del mundo o bien un atributo de Dios. En tanto que para Platón, para Aristóteles y para los epicúreos, el espacio es un constituyente del mundo, para los neoplatónicos resulta Dios mismo. Esta concepción es atribuida por Sexto Empírico a los peripatéticos: “Parece que para los peripatéticos, el primer dios es el lugar de todas las cosas. En efecto; según Aristóteles, el primer dios es el límite de los cielos... Y desde el momento en que el límite de los cielos es el lugar de todas las cosas dentro de los cielos, Dios será el lugar de todas las cosas.”⁶¹

La filosofía judía alejandrina hace suya esta concepción, que se encuentra todavía en los libros de la Cábala. En el siglo XVII, fue aceptada por Campanella, por Henry Moore y por Spinoza que concibió la extensión como un atributo de Dios y afirmó, por lo tanto, que “todo lo que es, es en Dios.”⁶² Newton mismo habló del espacio como del sensorium, o sea del órgano mediante el cual Dios mueve las cosas,⁶³ concepto que fue muy criticado por Leibniz en sus epístolas a Clarke y fue aceptado en el siglo XVIII por muchos escritores, incluso Clarke mismo.

Se puede considerar como última manifestación de este punto de vista, la doctrina de S. Alexander; según la cual, el espacio y el tiempo son la sustancia misma del Universo y de Dios, y guardan entre sí la misma relación que existe entre el cuerpo y el espíritu. Desde este punto de vista, en efecto, el espacio sería el “cuerpo” de toda la realidad, por lo tanto, de Dios mismo que está en la cima de la realidad.⁶⁴

⁶¹ Copleston, F. 1992. *Historia de la Filosofía*. Tomo I: Grecia y Roma. México: Ariel, p.253.

⁶² Spinoza, B. 1996. *Ética*. Colección “Sepan Cuántos...” Vol.319. México: Porrúa, p.14.

⁶³ Newton, I. 1977. *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid: Alfaguara, p. 320

⁶⁴ Alexander. *Space, Time and Deity*. Citado por Abbagnano, N. 1987 *Diccionario de Filosofía*. México: Fondo de Cultura Económica, p. 438.

3. 2. 2. Tesis de la Subjetividad.

La tesis de la subjetividad del espacio fue adelantada con énfasis por Hobbes, que lo definió como “la imagen de la cosa existente en cuanto existente, esto es, en cuanto no se considera otro accidente de ella, sino su aparecer fuera del sujeto imaginante”.⁶⁵

El análisis que Locke hizo del espacio, como de una idea compleja de modo, tiene también por presupuesto su reducción a una idea, reducción que es todavía más radical en Berkeley, por la polémica que condujo contra el concepto newtoniano del espacio: “La consideración filosófica del movimiento no implica el ser de un espacio absoluto, distinto de lo percibido por los sentidos y referente a los cuerpos; es claro que tal cosa no puede existir sin el espíritu, a partir de los mismos principios que demuestran una tesis similar respecto a todos los otros objetos de los sentidos”.⁶⁶ A partir del mismo presupuesto, Hume afirmó que “la idea del espacio o de la extensión no es más que la idea de puntos visibles o tangibles distribuidos en un determinado orden” y que, por lo tanto, “no podemos formarnos idea del espacio o del vacío donde no hay nada visible o tangible”.⁶⁷

El empirismo había afirmado así la subjetividad del espacio, reduciéndolo a un concepto empírico, o sea a una idea de sensaciones. Leibniz y los leibnizianos, por otro lado, al considerar el espacio como “el orden de las coexistencias” efectuaban la misma reducción subjetiva, pero llegaron a considerar el espacio como un concepto discursivo, o sea universal, que pudiera expresar las relaciones de las cosas entre sí. A estas dos formas de subjetividad, opuso Kant la subjetividad trascendental del espacio mismo; por la cual, es condición de las percepciones sensibles. “El espacio es una representación necesaria, a priori, que sirve de fundamento a todas las instituciones externas. Nunca se puede formar la representación sin que haya espacio, si bien se puede pensar muy bien que en el espacio

⁶⁵ Hobbes, T. 1976 *Antología de Textos Políticos*. Madrid: Tecnos., p.54.

⁶⁶ Berkeley, G. 1993. *Principles of Human Knowledge*, I,116 en *Great Books of the Western World*. Vol.32. *Locke, Berkeley, Hume*. California, U.S.A: Encyclopaedia Britannica, p. 435.

⁶⁷ Hume, D. 1977. *Tratado de la naturaleza humana* Colección “Sepan Cuántos...” Vol.326 México: Porrúa, p.37.

no exista objeto alguno. El espacio, por lo tanto, debe ser considerado como la condición de la posibilidad de los fenómenos y no como una determinación dependiente de ellos y es una representación a priori que es necesariamente el fundamento de los fenómenos externos.”⁶⁸ En este sentido, el espacio no es ni un concepto ni una percepción sino una *intuición a priori*, o *intuición pura*, o sea la condición de toda posible intuición externa.

En la filosofía moderna y contemporánea, la tesis de la subjetividad del espacio adquiere la forma de su carácter aparente o ilusorio. Idealismo y espiritualismo insisten acerca de esta tesis. Ya Hegel afirmaba que “el espacio es una mera forma, o sea una abstracción, y precisamente la de la exterioridad inmediata”⁶⁹, lo que no le impidió, sin embargo, buscar una demostración racional de la necesidad de las tres dimensiones del espacio.

3. 2. 3. Tesis de la Indiferencia al Problema de la Realidad.

La tercera alternativa que el problema de la realidad del espacio ha dejado abierta es el rechazo del problema mismo y que el espacio ha de ser discutido como real e irreal, aun cuando en alguna de sus determinaciones métricas, pueda ser adoptado en la descripción de la realidad.

Este punto de vista ha venido madurando, desde que, con el descubrimiento de las geometrías no euclidianas, se ha visto la dificultad de responder a la pregunta de si una de tales geometrías sería la que corresponde a la estructura física del mundo. Aun cuando a veces los matemáticos mismos se hayan pronunciado por una positiva solución del problema, optando la mayoría de ellos por la geometría euclidiana, el carácter provisional y parcial de estas respuestas demuestra, mejor que cualquier otra cosa, la imposibilidad de resolver la cuestión y lleva, por lo tanto, a la adopción del punto de vista que prescinde de él. Se puede, entonces, afirmar que sólo motivos de oportunidad científica sugieren el uso de un esquema geométrico particular para la descripción de un determinado campo de los

⁶⁸ Kant, I. 1952 *Crítica de la razón pura*. Buenos Aires: Editorial Sopena, p.91.

⁶⁹ Hegel, G.W.F. 1977. *Enciclopedia de las ciencias filosóficas*. Colección “Sepan Cuántos...” Vol. 187 México: Porrúa, p.124.

fenómenos. Dice M. K. Munitz a este respecto: “Podrá ser más conveniente y fecundo usar un esquema métrico en vez de otro, pero no podemos decir que son los hechos los que nos empujan a hacerlo.”⁷⁰

El problema es éste: ¿permite la adopción de un valor particular para la curvatura, tomando en conjunción con el resto de la teoría, formular inferencias correctas de determinados hechos a otros hechos?. En la medida en que la exactitud en el ámbito de los hechos observables inferidos cuando se establecen mediante una teoría con su métrica asociada, es mayor que con otras teorías, se puede decir que la 'métrica del universo es de esa manera (así y así). Pero esta última expresión no es más que un recurso para apuntar la superioridad relativa de una determinada teoría o modelo del universo.”⁷¹

Es evidente que, hasta aquí, se ha realizado una definición de la concepción de espacio - desde la antigüedad hasta nuestros días-, enfatizando los aspectos filosóficos y físicos del concepto. Sin embargo; es menester, para completar la definición, abordar los aspectos económicos, sociales, políticos y culturales. En este sentido, se afirma que el desarrollo simultáneo de las ciencias sociales tiene un inicio reciente; a principios del siglo XIX, y que la aportación para la definición del concepto espacio habría de abordarse con la postulación de las siguientes teorías o fundamentos: la teoría económica del trabajo - producción- y la teoría del crecimiento, a través del análisis de flujos -movimiento de mercancías o productos y servicios; las teorías psico-sociales, en función de necesidades de espacio y la teoría política, en cuanto a la organización y producción de actividades en el espacio, en oposición con la producción del espacio, concebido éste como un bien o mercancía. Por otra parte, la arquitectura, dentro del ámbito cultural; aportará, derivada de la teoría general de la arquitectura, su concepción del espacio, en función de la manifestación cultural que caracteriza las condiciones económicas, sociales y políticas de las diferentes organizaciones sociales determinadas históricamente.

⁷⁰ Munitz, M. K. 1957 *Space, Time and Creation; philosophical aspects of scientific cosmology*. Glencoe, Ill.: Free Press, p. 133.

⁷¹ *Ibid.*, p.133.

3.2.4. Tesis Constructivista del Espacio.

El amplio quehacer científico en el ámbito de las ciencias sociales converge necesariamente en la postulación de la tesis del constructivismo, en cuanto a la concepción del espacio. Sin embargo, es necesario reflexionar sobre algunas consideraciones generales en relación al término “constructivismo”⁷².

En el transcurso de las últimas décadas se han ido imponiendo progresivamente en el quehacer científico, investigación-educación, principalmente en este último aspecto, una serie de planteamientos que tienen su origen en la explicación del psiquismo humano conocida genéricamente como constructivismo.

Esto ha sido posible por el cambio en el paradigma dominante utilizado para explicar el psiquismo humano que se inicia a finales de los años cincuenta y que culmina hacia finales de los setenta con la adopción casi generalizada de los enfoques cognitivos. La aparición de la “nueva ciencia de la mente”⁷³ abre la vía a una eventual convergencia o complementariedad entre teorías y explicaciones que, si bien pertenecen en principio a tradiciones psicológicas distintas y son a veces contradictorias entre sí en otros muchos aspectos, comparten sin embargo un número reducido, aunque importante, de principios explicativos básicos acerca de los procesos de aprendizaje y de desarrollo de los seres humanos. Desde el punto de vista educativo, el principio tal vez más importante y también el más ampliamente compartido es el que se refiere a la importancia de la actividad mental constructiva de las personas en los procesos de adquisición del conocimiento. De ahí el término “constructivismo” habitualmente elegido para referirse a este fenómeno.

No es la intención de este trabajo de participar en la amplia polémica en lo referente a la determinación y definición de los fundamentos epistemológicos del término constructivismo. Así, limitándonos exclusivamente a las teorías globales del desarrollo o

⁷² Coll, C. 1997. *¿Qué es el constructivismo?* Buenos Aires: Magisterio del Río de la Plata.

⁷³ Gardner, H. 1985 *La nueva ciencia de la mente. Historia de la revolución cognitiva.* Barcelona: Paidós.

del aprendizaje que han tenido y siguen teniendo en la actualidad una mayor incidencia sobre la reflexión y la práctica del quehacer científico, cabe distinguir, al menos, entre el constructivismo inspirado en la teoría genética de Piaget,⁷⁴ y la escuela de Ginebra; el constructivismo que hunde sus raíces en la teoría del aprendizaje verbal significativo, la teoría de los organizadores previos y la teoría de la asimilación, iniciando con los trabajos pioneros de Ausubel en los años cincuenta y sesenta y desarrollado posteriormente por otros autores como Novak o Gowin; el constructivismo inspirado en la psicología cognitiva, y más concretamente en las teorías de los esquemas surgidas al amparo de los enfoques del procesamiento humano de la información; y, por último, el constructivismo que se deriva de la teoría sociocultural del desarrollo y del aprendizaje enunciada por primera vez por Vygotski y sus colaboradores en los ya lejanos años treinta y difundida, revitalizada y enriquecida de forma espectacular por numerosos autores a partir de los años setenta.

Para no llegar a eclecticismos ni ambigüedades, se atenderá a la postulación –en el constructivismo piagetano– de la tesis constructivista del espacio a partir del análisis de la noción de estructura del espacio.

◆ Estadios del desarrollo de la inteligencia

El desarrollo de la inteligencia pasa por tres etapas o estadios, que son el sensorio-motor, el de las operaciones concretas y el de las operaciones formales. Estos estadios son tres momentos cualitativamente distintos entre sí; tres tipos de inteligencia diferentes y tres maneras de abordar la realidad, de interrelacionarse con el medio de una manera adaptativa.

En el proceso del desarrollo intelectual lo importante es el orden de sucesión de las adquisiciones, no las edades en las que se alcanza. Los logros de un estadio no se pierden, sino que quedan incorporados al nuevo tipo de estructura formando un sistema más

⁷⁴ Piaget, J. 1995. *La construcción de lo real en el niño*. México, D.F.: Grijalbo.

amplio. Cada estadio se caracteriza por una estructura de conjunto que se puede describir siguiendo un modelo lógico.

En cada estadio hay un período de preparación y otro complementario. Cada período del desarrollo representa un avance sobre el anterior y, además, el proceso es repetitivo: todas las capacidades intelectuales, incluso las de desarrollo cognitivo más avanzado, aparecen ya de forma simplificada en el período sensorio-motor e incluso dependen del desarrollo completo de éste. Se dice que el desarrollo en este período contiene, de forma seminal la organización de una gran parte del desarrollo subsecuente.

El período de las operaciones concretas es, dentro del desarrollo, un período de gran actividad. Todas las operaciones concretas pueden ser dominadas por todos los niños; sin embargo, si esto no ocurre en su momento, puede convertirse en algo imposible. Durante este período, el niño aprende a desconfiar de sus sentidos y a confiar en los esquemas de medida. Esta desconfianza es la responsable del florecimiento final del desarrollo cognitivo: la consecución de las operaciones formales.

En su desarrollo cognitivo el niño de las operaciones concretas está todavía limitado al mundo del que tiene una experiencia directa. Su mundo básicamente no es diferente al del bebé (etapa sensorio-motor), es el mundo que puede ser visto, oído o tocado. En el período siguiente, el formal, el niño empezará a aventurarse más allá de este mundo hacia otros no vistos, incluyendo el de la ciencia. Se ha efectuado un paso progresivo del nivel concreto al abstracto.

◆ El desarrollo de la lógica.

Clasificar implica disponer de las nociones de clase que son las que tienen que ver con la pertenencia a un grupo; a partir de ellas, se forman clases con las que se estructura el pensamiento, el razonamiento y el lenguaje.

Aunque la clasificación la inicia el niño muy pequeño, incluso en el período sensorio-motor, los verdaderos conceptos de la clase los empieza a adquirir hacia los 5 ó 6 años.

Para llevar a cabo la operación de clasificar, el niño necesita coordinar la comprensión (captar el conjunto de atributos que definen una clase) y la extensión (la suma de elementos que poseen esos atributos), además de inclusión lógica.

La seriación representa la contrapartida de la clasificación: mientras que en la clasificación hay que atender a lo que hay de semejante entre los objetos, en la seriación hay que percibir lo que los diferencia entre sí.

La comprensión de la seriación supone entender que un elemento cualquiera de la serie se concibe de antemano como simultáneamente mayor que los anteriores y menor que los siguientes. Pero el rasgo fundamental en la seriación lo constituye la comprensión de la transitividad: Si $A = B$ y $B = C$, entonces $A = C$, que es lo que permite al niño intercalar un elemento sin tenerlo que comparar con toda la serie.

Esta operación se adquiere hacia los siete años y, simultáneamente a la seriación simple, se alcanzan las seriaciones de dos dimensiones, como disponer en una tabla de doble entrada cuadrados que difieren por su tamaño y por la intensidad del color.

El niño no adquiere las nociones numéricas por información, sino que las construye a través de la abstracción de las leyes que rigen sus actos y esto a fuerza de constatar aciertos y errores en sucesivos intentos.

La conservación es la comprensión por parte del niño de que las relaciones cuantitativas entre dos objetos permanecen invariables, se conservan, a pesar de que se puedan producir en uno de ellos deformaciones perceptivas y relevantes, es decir, transformaciones que no impliquen en ningún caso adición o sustracción. La conservación de la cantidad empieza hacia los 5 y los 6 años y se domina hacia los 9. La conservación del peso se inicia a los 6

y los 7 años y se domina a los 10 u 11 años. La conservación del volumen se inicia hacia los 7 u 8 años y se domina hacia los 11 años.

◆ Espacio, tiempo y velocidad.

Las estructuras operatorias anteriores afectan a objetos discontinuos o discretos, pero paralelamente a las operaciones lógico-matemáticas y, al mismo tiempo que ellas, se construyen también otras operaciones que se refieren a objetos continuos y que se fundan en las aproximaciones y separaciones; son las estructuras de espacio, tiempo y velocidad.

La medida espacial se construye independientemente del número, pero en muy estrecha relación con él. La medida empieza por una partición de lo continuo y un ajuste de las partes de la misma forma que se hacen con la inclusión de clases. Para constituir y utilizar la unidad, una de las partes debe ser aplicada sucesivamente sobre el todo por desplazamiento ordenado, sin superposiciones, lo que corresponde a una seriación: la medida aparece así como una síntesis del desplazamiento y de la adición partitiva.

La noción de velocidad no se inicia en el niño bajo su forma métrica (velocidad = espacio/tiempo), se alcanza alrededor de los 10 a los 11 años, sino en forma ordinal: un móvil es más rápido que otro si le rebasa, es decir, si estaba detrás de él en un momento anterior y luego está delante en un momento ulterior. En un nivel preoperatorio el niño no considera más que los puntos de llegada, pero luego llega a darse cuenta de la magnitud creciente o decreciente de los intervalos y acaba por poner en relación las duraciones y los espacios recorridos.

La noción de tiempo se basa en tres clases de operaciones: 1) Una seriación de los acontecimientos constitutiva del orden de sucesión temporal. 2) Un ajuste de los intervalos entre los acontecimientos puntuales, fuente de la duración. 3) Una métrica temporal, de estructura semejante a la métrica espacial. El niño comienza a juzgar la duración según su contenido únicamente, olvidando la velocidad; así considerará que un móvil ha caminado

más tiempo si ha llegado más lejos. Después, el contenido se pone en relación con la velocidad de su desarrollo, lo que constituye entonces el tiempo de relación objetiva, y da a las operaciones mencionadas un valor al desarrollo como tal tiempo.

La adquisición de las estructuras de espacio, tiempo y velocidad constituye un importante progreso en el terreno de las nociones científicas. El niño supera el planteamiento subjetivo, por el que todo es percibido desde su punto de vista, desde sí mismo y desde su actividad para acomodarlo a la realidad objetiva.

4. PRINCIPALES APORTACIONES METODOLÓGICAS.

En la filosofía presocrática, se discutió el problema del espacio junto con el de la materia, al interior de ciertas oposiciones análogas como lleno-vacío , ser-no ser, etc. En Platón se encuentran las primeras precisiones sobre el problema del espacio como tal, aunque sólo es posible referirse a este respecto a un solo pasaje de sus obras (Timeo). Según Platón hay tres géneros de ser: uno, que es siempre el mismo, increado e indestructible, invisible para los sentidos, que nada recibe de fuera ni se transforma en otra cosa: son las formas o las ideas. Otro; que está siempre en movimiento, es creado, perceptible para los sentidos y la opinión, y siempre llegando a ser en un lugar y desapareciendo de él: son las cosas sensibles. Otro, finalmente; que es eterno y no susceptible de destrucción, constituye el habitáculo de las cosas creadas, es aprehendido por medio de una razón espuria y es apenas real: es el **espacio**.

Como el espacio carece de figura, las definiciones que pueden darse de él son al parecer negativas. El espacio en cuanto receptáculo puro es un “continuo” sin cualidades, es un habitáculo y nada más; no se halla ni en la tierra ni en el cielo (inteligible) de modo que no puede decirse de él que “existe”. Cabe agregar que Aristóteles concibe al espacio en cuanto *lugar*, entonces, si el *lugar* aristotélico merece ser llamado *espacio*, lo es únicamente en cuanto equivale a un *campo* donde las cosas son particularizaciones. Ahora bien, puesto que, de acuerdo con el concepto de *lugar*, no es posible concebir las cosas sin su espacio, el espacio no puede ser, como postulaba Platón, un mero receptáculo. Tampoco es viable por consiguiente la concepción de los atomistas que concibieron al espacio como vacío.

Durante la Edad Media y especialmente entre los escolásticos, las ideas sobre la naturaleza del espacio se fundaron en ideas ya dilucidadas en la filosofía antigua. Uno de los principales problemas planteados fue el de la dependencia o independencia del espacio respecto de los cuerpos. La opinión que prevaleció fue la aristotélica: el espacio como lugar. Las doctrinas modernas (como el humanismo, escepticismo, etc.) sobre la noción

de espacio son tan abundantes y complejas que cualquier resumen es notoriamente insuficiente.

Los filósofos y los hombres de ciencia tendieron cada vez más, desde el Renacimiento, a concebir el espacio como una especie de “continente universal” de los cuerpos físicos. Este espacio tiene varias propiedades: el ser homogéneo (es decir, que sus “partes” son indiscernibles unas de otras desde el punto de vista cualitativo); el ser isotrópico (el que todas las direcciones del espacio tengan las mismas propiedades); el ser continuo; el ser ilimitado; el ser tridimensional y el ser homoloidal (el que una figura dada sea matriz de un número infinito de figuras a diferentes escalas, pero asemejándose unas a otras).

La idea del espacio juega un papel determinante en la filosofía cartesiana. El espacio es, para Descartes, cosa extensa, cuyas propiedades son la continuidad, la exterioridad, la reversibilidad, la tridimensionalidad, etc. A la vez, la cosa extensa constituye la esencia de los cuerpos. Una vez que se ha despojado a los cuerpos de todas las propiedades sensibles (siempre cambiantes) queda de ellos la extensión. Así, la substancia corporal sólo puede conocerse claramente por medio de la extensión.

Es cierto que Descartes habla de espacio; pero la función que cumple esta noción es distinta de la que tiene en la escolástica; el espacio es conocido, a priori, con perfecta claridad y distinción; la extensión en que consiste el espacio es perfectamente transparente. Como esta extensión no es “sensible” es, como señala agudamente Malebranche, “extensión inteligible”.

La cuestión de la naturaleza del espacio fue muy debatida durante el siglo XVII y primer tercio del siglo XVIII. Aunque muchos autores contribuyeron a esta polémica, se la suele centrar en los nombres de Newton, por un lado, y Leibniz, por el otro.

Newton definió el espacio del siguiente modo: “El espacio absoluto, en su propia naturaleza, sin relación con nada externo, permanece siempre similar e inmóvil. El espacio

relativo es una dimensión movable o medida de los espacios absolutos, que nuestros sentidos determinan mediante su posición respecto a los cuerpos, y que es vulgarmente considerado como espacio estático” (Principios)⁷⁵. La interpretación más corriente de estas fórmulas es la siguiente: el espacio es para Newton una medida absoluta y hasta una *entidad absoluta*. Puesto que las medidas en el espacio relativo son función del espacio absoluto, puede concluirse que este último es el fundamento de toda dimensión espacial.

En el Escolio General de los Principios, Newton indica que: aunque Dios no es espacio, se halla en todas sus partes, de modo que constituye el espacio. Newton representaba, pues, la idea del espacio como la realidad en sí, independiente, en principio, de los objetos situados en él y de sus movimientos: los movimientos son relativos, pero el espacio no lo es. No se concebía al espacio como un accidente de las substancias; no es que los cuerpos fueran espaciales, sino que se movían en el espacio.

En contra de esto manifestó Leibniz su opinión famosa: “el espacio no es un absoluto, no es una substancia, no es un accidente de substancias, sino una relación. Sólo las mónadas son substancias; el espacio no puede ser substancia”.⁷⁶ Como relación, el espacio es un orden; el orden de coexistencia o, más rigurosamente, el orden de los fenómenos coexistentes. El espacio no es real, sino ideal. Es decir, no hay espacio real fuera del universo material; el espacio es en sí mismo una cosa ideal, lo mismo que el tiempo.

Kant siguió las orientaciones leibnizianas en cuanto sostuvo que el espacio es una relación, pero concibió a esta última no como algo ideal sino trascendental. Las principales ideas de Kant sobre el espacio se encuentran en la “Estética trascendental” de la Crítica de la Razón Pura. El espacio es para Kant (lo mismo que el tiempo) una forma de la intuición sensible, esto es, una forma, a priori, de la sensibilidad. No es “un concepto empírico derivado de experiencias externas, porque la experiencia externa sólo es posible por la representación del espacio”. “Es una representación necesaria, a priori, que sirve de fundamento a todas

⁷⁵ Newton, I. 1982. *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*. Madrid: Editorial Nacional, p.229.

⁷⁶ Leibniz. Citado por Ferrater Mora, J.1975 *Diccionario de Filosofía Abreviado*. 5a de. Buenos Aires: Editorial Sudamericana, p. 145.

las intuiciones externas”, porque “es imposible concebir que no exista espacio, aunque se lo puede pensar sin que contenga objeto alguno”. El espacio es, en suma, “la condición de la posibilidad de los fenómenos”, es decir, “una representación, a priori, necesario fundamento de los fenómenos”.

El espacio no es ningún concepto discursivo, sino una intuición pura. En la exposición trascendental, se demuestra, a su vez, que “el espacio no representa ninguna propiedad de las “cosas”, que no es más que la forma de los fenómenos de los sentidos externos, es decir, la única condición subjetiva de la sensibilidad, mediante la cual no es posible la intuición externa.”⁷⁷ El resultado de la investigación kantiana es la adscripción, al espacio, de los caracteres de aprioridad, independencia de la experiencia, intuitividad e idealidad trascendental. Como intuición pura, el espacio es una “forma pura de la sensibilidad” o “la forma de todas las apariencias del sentido externo.”⁷⁸

Ahora bien, el llamado idealismo alemán acentuó el constructivismo del espacio, en una proporción que Kant no había imaginado. En Fichte, por ejemplo, el espacio aparece como algo puesto por el yo cuando éste pone el objeto como extenso. Y en Hegel el espacio es una fase, un “momento” del desenvolvimiento dialéctico de la Idea, la pura exterioridad de ésta. El espacio aparece en este último caso como la generalidad abstracta del ser-fuera-de sí, de la Naturaleza.

Podemos decir, entonces, que la subjetivación del espacio da lugar a una idea muy diferente, según sea la forma en que se admite tal subjetivación. La idea del espacio ocupa un lugar destacado en todas las corrientes importantes del siglo XIX. Sólo el naturalismo radical admitirá, sin crítica, una objetividad exterior del espacio. Ha habido numerosas discusiones sobre el carácter absoluto o relativo, objetivo o subjetivo, del espacio, así como sobre el problema de las relaciones del espacio con el tiempo y la materia. Indicaremos algunas tesis formuladas; desde un punto de vista psicológico,

⁷⁷ Kant, I. 1952. *Crítica de la Razón Pura*. Buenos Aires: Sopena, p.92.

⁷⁸ *Ibid.*, p.92.

geométrico, gnoseológico, ontológico y metafísico. Asimismo; económico, social, político y cultural como se da en la arquitectura.

Desde el punto de vista psicológico, se considera el espacio como objeto de la percepción, y la respuesta al problema ha dado por resultado diferentes teorías acerca de los distintos espacios (táctil, auditivo, visual, etc.), así como de la adquisición de la idea de espacio (empirismo, nativismo, etc.).

Desde el punto de vista geométrico, se considera el espacio como “el lugar de las dimensiones”, como algo continuo e ilimitado. Desde el punto de vista físico, el problema del espacio se relaciona íntimamente con las cuestiones que se refieren a la materia y al tiempo, y la respuesta a estas cuestiones afecta también, como en la física reciente, a la constitución geométrica. Se habla así en física, por ejemplo, del continuo: espacio-tiempo.

Desde el punto de vista gnoseológico, se examina el espacio en cuanto clase espacial de las categorías. Desde el punto de vista ontológico, como una de las determinaciones de ciertos tipos de objetos. Desde el punto de vista metafísico, el problema del espacio engloba el problema más amplio de la comprensión de la estructura de la realidad.

Ahora bien, desde el punto de vista económico y social; basado, por ejemplo, en la teoría del crecimiento mediante el análisis de los flujos, aborda la definición del concepto producción del espacio en oposición al concepto de producción en el espacio. Esto es, desde el punto de vista económico, social y político, la concepción del espacio estaría dada en cuanto a las formas de organización de la producción (relaciones de producción); formas de organización social y política (relaciones sociales de producción y formas de gobierno) que determinan políticas de organización del espacio social.

En lo referente a la concepción del espacio por la arquitectura, nos referiremos a ésta como la más notable manifestación cultural de las condiciones económicas, sociales y políticas de las diversas organizaciones sociales determinadas históricamente. Y se

indicaría, con base en las aportaciones al concepto espacio, por conceptos *auxiliares* de proxemia y necesidades sociales de espacio construido.

En la evolución histórica de la definición del concepto espacio, se advierte que va -en los aspectos filosóficos y físicos del término- desde el espacio como posición o lugar, hasta la renuncia del concepto en su acepción de realidad e irrealidad, pasando por recipiente o contenedor gradual, atributo de Dios y el espacio como campo. Al interior de las ciencias sociales se habla de espacio vital, espacio individual, espacio social, organización del espacio, apropiación del espacio; en cuanto a las manifestaciones culturales, específicamente aportadas por la Arquitectura; se distinguen: el espacio ergonómico y el proxémico, entre otros.

Se hace evidente que, en este devenir histórico, la definición del espacio, al menos en una forma, está determinada históricamente; sin embargo, cabría preguntarse ¿en qué medida las necesidades sociales inciden en el desarrollo de la ciencia, de manera tal que funcionen como un detonador en la dilucidación de conceptos o ideas para la formulación de hipótesis que, mediante una serie de observaciones, postulen teorías que, con fundamento metodológico, conduzcan a conocimiento científico, vía descubrimiento o por inventiva; y que postulen leyes, axiomas o generalizaciones que lleven a la explicación, demostración y determinación que modifique la realidad de las diferentes organizaciones sociales?

Por otra parte, la diversidad de definiciones que se han desarrollado, a través del proceso histórico de la humanidad, en relación de ideas o conceptos orientados a la determinación de su origen. -tal pareciera que el hombre aún no resuelve el problema primario de conocer su origen- las principales aportaciones aparecen en estadios de auge en el desarrollo histórico de las diferentes culturas, lo que posibilita que, con la acumulación de conocimientos, se vayan agregando nuevos conceptos que sean más aptos para este propósito.

Asimismo, se observa que, en la civilización occidental, desde la época de la Grecia clásica (Antigüedad) hasta nuestros días (Moderna y Contemporánea); -períodos sujetos de estudio en el objetivo de este trabajo, han existido posturas ideológicas determinadas que en la defensa de sus intereses particulares suscitaron la polémica en torno a la elucidación de conceptos e ideas que con lo encarnizado de las disputas propiciaron el quehacer científico, posibilitando la aparición dicotómica, que en sus resultados, en primera instancia, nos acerca a la obtención del objetivo del ser humano en cuanto al establecimiento de la identificación del origen y naturaleza de las cosas, y en segunda instancia, el resultado al que deberá dársele un tratamiento especial, la importante super parcelación y especialización del conocimiento.