

INSTITUTO SUPERIOR DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DEL ESTADO DE MÉXICO



“EL USO DEL EXPERIMENTO, EN LOS
LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA DEL TERCER
GRADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

PRESENTA

ARACELI VILLEGAS FLORIN

DIRECTOR DE TESIS: MTRO. PABLO FLORES DEL ROSARIO

CHALCO, MEX.

AGOSTO, 2002



5716

AGRADECIMIENTOS

En la elaboración de este trabajo he acumulado incontables deudas. Al Instituto Superior de Ciencias de la Educación, en primera instancia, agradezco el haberme brindado un espacio para poder desempeñar estudios de posgrado. Este espacio adquirió importancia gracias a los docentes investigadores a quienes debo un reconocimiento especial por sus lúcidas enseñanzas. Al Mtro. Enrique Pacheco, quien con sus valiosas críticas y comentarios, ayudo al fortalecimiento de la tesis planteada a lo largo de estas páginas. Mi deuda más grande es con el Mtro. Pablo Flores del Rosario, quien con rigor crítico y profundo conocimiento en el campo de la filosofía de la ciencia me ha brindado su apoyo durante estos tres últimos años, y a través del constante diálogo y su crítica siempre constructiva, me permitió conocer una concepción diferente de experimento, planteado en el campo de la Física, que es la tesis desarrollada en este trabajo.

Dentro del Instituto, la discusión con mis compañeros y amigos, ha sido una fuente constante de estímulo intelectual, en particular con Araceli Díaz, Juan Antonio Sánchez y Verónica Álvarez, a quienes agradezco su amistad incondicional.

Finalmente, el respaldo moral y afecto que en todo momento me ha dado mi familia es invaluable, así como el de Javier Florin, Marta Leticia Muñoz, Juan Carlos y Héctor. A mis hermanas, lo mismo que a mis abuelos, les debo mi agradecimiento más profundo por su paciencia infinita, su inmenso cariño y su alegría de vivir. Sin ellos y sin todo el amor de mis añorados padres nada hubiera sido posible. A ellos dedico mi esfuerzo aquí vertido.

Araceli Villegas Florin

INDICE

Introducción	1
CAPITULO I :	
“LA CONCEPCION MATEMATIZADA DEL EXPERIMENTO”	
0.- Introducción.....	5
1.- La historia de una división: de la ciencia cualitativa a la cuantitativa:	
1.1.- La ciencia moderna: ¿destitución de la concepción aristotélica?.....	6
1.2.- Dos concepciones científicas: Bacon y Descartes.....	9
2.- Concepción matematizada del experimento:	12
2.1.- Concepto racionalista de ciencia y experimento: Descartes.....	13
2.2.- El experimento desde la concepción matematizada, un trabajo en conjunto: Galileo Galilei y Johannes Kepler.....	18
2.3.- La consumación de la aceptación de la teoría de Copernico y el derrocamiento de la concepción aristotélica: Giordano Bruno.....	25
2.4.- Armando el rompecabezas, la concepción matematizada del experimento adquiere forma: Isaac Newton.....	26
Conclusiones:	30
CAPITULO II:	
“LA CONCEPCION INSTRUMENTALISTA DEL EXPERIMENTO”	
0.- Introducción:.....	33
1.- Concepción instrumentalista del experimento.	35
1.1.- ¿Son los sentidos quienes interpretan a la naturaleza?: F. Bacon.....	43
1.2.- El experimento y la observación, desde el laboratorio: Boyle y Newton	49
1.3.- ¿Solo se puede llegar al conocimiento a través de la explicación de causa y efecto?: David Hume.....	54
Conclusiones:.....	57

CAPITULO III:

EL EXPERIMENTO: ¿ UN ASPECTO RETORICO DEL METODO CIENTÍFICO?

0.- Introducción.....	60
1.- ¿Existe realmente el método científico?.....	62
2.- Una lectura diferente del experimento a raíz de la nueva filosofía de la ciencia: Kuhn y Popper.....	69
2.1.- ¿Kuhn, con sus tesis sobre las revoluciones científicas puede ayudar al experimento a liberarse de ser tan solo un aspecto retórico del método científico?.....	73
2.2.- ¿Será Popper, quien con sus conjeturas y refutaciones, ayude al experimento a liberarse de ser un recurso retórico del método científico?...	81
3.- Una reflexión a manera de conclusión a propósito de Kuhn y Popper...	85

CAPITULO IV

“ANÁLISIS DEL USO DEL EXPERIMENTO EN EL LIBRO DE TEXTO DE FÍSICA, COMO PRODUCTO DE SU CONTEXTO”

0.- Introducción.....	89
1.- ¿Cómo el texto formar parte del discurso?.....	91
2.- Concepción de la Física y del experimento, en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, desde su contexto.....	96

CONCLUSIÓN: PARA UN ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA DEL TERCER GRADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA104

Bibliografía.....	122
-------------------	-----

INTRODUCCION

Frecuentemente cuando se escucha hablar a alguien sobre la asignatura de Física, se tiene la concepción de ser algo no muy agradable o sencillo, regularmente las personas se remiten a recordar fórmulas o principios planteados en ella de manera aislada; los estudiantes de esta asignatura (especialmente en tercero de secundaria) la relacionan inmediatamente con los experimentos realizados en el laboratorio escolar, guiados por los procedimientos que el maestro o el libro de texto les señalaba, además de considerar de gran importancia el resultado al que se debe de llegar con el desarrollo y puesta en práctica de éste.

Es entonces, que resulta fundamental hacer mención que la idea original del proyecto inicial de investigación, era el identificar cuales pudieran ser las características y/o herramientas, las cuales le permitieran al alumno comprender los contenidos establecidos en los libros de texto, específicamente en la asignatura de Física del nivel secundaria, sin embargo haciendo una revisión general sobre estos, me permitió distinguir al experimento como parte esencial del proceso de enseñanza de la Física en este nivel, es decir, en este caso el experimento adquiere gran importancia para la demostración de las diferentes teorías, las cuales integran los contenidos temáticos del curso de Física en el tercer grado de educación secundaria.

De ahí que el experimento, es sin duda la columna vertebral de la enseñanza de la Física, por tanto, la concepción que prevalece en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria sobre él, esta ligada a la acción objetiva, es decir como aquella receta en donde las acciones que se realizan al igual que los resultados ya se encuentran determinados, el propósito del presente trabajo no es el de formular una serie de pasos o procedimientos con los cuales se puedan obtener mejores resultados; el propósito es el de fundamentar una concepción diferente del experimento a la utilizada hasta ahora

en los libros de texto. En nuestra perspectiva se considera al **experimento** como un **recurso retórico** que apoya a las teorías hasta el momento elaboradas; ello permite ver a la Física como un todo, en donde los conocimientos son el resultado de un constante cuestionamiento y por ende un constante proceso de reflexión, donde se pone en juego el uso de la razón además de los sentidos, es decir aquí el experimento es visto como algo más allá de la mera realización de actividades prácticas y además medibles, algo que va más allá de la mera aplicación del método científico considerado como un patrón a seguir en las ciencias.

El propósito del presente trabajo, es el **análisis del uso del experimento en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria**, título del proyecto, entendiendo al texto como una parte del discurso y por ende se considera como una unidad de la lengua (Van Dijk, 1998) y un medio por el que las nuevas generaciones pueden aprender a practicar las concepciones propias de su comunidad (Kuhn, 1995), por ello la realización de este análisis es a través de la pragmática, que se encarga de la reconstrucción teórica de la interacción social; y la semántica que por medio de la gramática identifica el tipo de perspectiva y coherencia que tienen los textos de acuerdo a su estructura; el autor quien sustenta esta propuesta es Teun A Van Dijk, en la publicación de sus libros a partir de 1972, pero básicamente el utilizado para la realización de este trabajo, *Texto y Contexto*, de 1998.

A partir de este tipo de análisis se considera a los libros de texto de Física, de tercer grado de educación secundaria, como el universo del discurso y las unidades de análisis son las categorías extraídas de la filosofía de la ciencia, las cuales se encuentran descritas en los tres primeros capítulos que conforman este proyecto, pero claro es, que para poder tener una visión más profunda sobre la forma de uso del experimento en los libros de texto es necesario considerar lo propuesto en los planes y programas de educación secundaria y demás materiales los cuales conforman el contexto del uso del experimento, dicho

contenido se encuentra más ampliamente citado en el último capítulo del presente trabajo.

El trabajo se divide en cuatro capítulos y un apartado de conclusiones:

Capítulo I. "La concepción matematizada del experimento", la idea es: identificar las dos corrientes del pensamiento que versan sobre la construcción de un método científico, la matematizada y la instrumentalista. Es el tipo de experimento utilizado el que les permite establecer sus diferencias, respecto al concepto de ciencia. Finalmente la expuesta en este capítulo es la matematizada, encabezada por Descartes, quien considera como prioritario el uso de la razón en la realización de experimentos, también se deja ver un tipo de experimento diferente, el imaginario realizado por Galileo, Newton y seguidores de esta corriente; aquí se empieza a conceptualizar a las teorías como partes antecesoras de los experimentos, este contenido da lugar al segundo capítulo.

Capítulo II: "La concepción instrumentalista del experimento", aquí se describe el trabajo básicamente de Bacon, a quien se le considera como representante de esta corriente de pensamiento, en donde el experimento tiene una función netamente naturalista. Además también se hará mención de algunos de sus seguidores, como lo fueron, Boyle, Newton, Hume, entre otros. Entre las principales características de esta corriente se mencionan las siguientes: es la partidaria de la construcción de grandes laboratorios en donde se puede practicar la ciencia, por tanto se hace necesaria la intervención de los artesanos en la construcción de los instrumentos con los cuales pueden trabajar las personas dedicadas a la ciencia, en este caso el método científico es utilizado como un patrón esencial para llevar a cabo los experimentos, por tanto se da una gran importancia a los órganos de los sentidos, considerando que la observación es importante para este tipo de trabajos, además el conocimiento es producto de la relación que existe entre causa y efecto.

Capítulo III: "El experimento, un aspecto retórico del método científico", en el primer apartado se describe de manera general las propuestas elaboradas por Kuhn y Popper, autores destacados en el campo de la filosofía de la ciencia, el objetivo central es rescatar las categorías básicas de sus propuestas, ambos se identifican por proclamar la no existencia de un método científico como patrón universal de las ciencias, por tanto cada uno de ellos lo aborda de manera diferente, es decir Kuhn lo hace desde el historicismo, mientras que Popper destaca en el experimento su estructura lógica, lo que nos permite argumentar sobre una concepción diferente de experimento.

Capítulo IV: "Análisis del uso del experimento en el libro de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, como producto de su contexto". En este capítulo utilizando la propuesta de Van Dijk se procede a elaborar el análisis del texto desde la pragmática y la semántica, además de identificar cuales son los materiales que forman parte del contexto de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria.

Conclusiones: en éstas se establece una relación del contenido de los libros de Física del tercer grado de Educación Secundaria, con las categorías extraídas de los tres capítulos anteriores y algunos ejemplos de cómo es utilizado el experimento en los textos, este apartado se elabora a manera de conclusión de todo el trabajo.

El análisis del uso del experimento en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, tiene como propósito esencial la búsqueda de una forma diferente de conceptualizar al experimento en el salón de clases, lo que permitirá abrir un espacio de reflexión y tener una concepción de ciencia anclada en el razonamiento de cada uno de los alumnos.

CAPITULO I

LA CONCEPCIÓN MATEMATIZADA DEL EXPERIMENTO

0.- Introducción

Es propósito del presente capítulo es identificar cuál ha sido el papel desempeñado por el experimento en el desarrollo de la ciencia, y más puntualmente en la Física; además de identificar cual ha sido su conceptualización, como se realizaba y la incidencia que estas actividades tuvieron en la división de los dos tipos de concepciones científicas, la baconiana, también identificada como instrumentalista, y la clásica, llamada matematizada; quienes abordan el experimento, pero cada una con sus propias particularidades; es decir cada una de ellas elabora sus argumentos en función de la perspectiva prevaleciente sobre la ciencia.

Entonces resulta importante para el desarrollo del presente capítulo realizar un recorrido por la historia de la ciencia, para dar cuenta de los aspectos antes mencionados, que permita identificar el desarrollo e historia de las ideas principales, que dieron pauta a la formación de la ciencia moderna, y que por tanto también es responsable de la conceptualización que se tiene sobre ella. Por esta razón el trabajo se divide en dos secciones, en la primera se dará un breve panorama de cuales fueron las ideas que provocaron la destitución de la concepción aristotélica sobre la estructura que se tenía del universo, lo que nos permitirá reconocer las dos concepciones de experimento que se han realizado a lo largo de la construcción de la Física, por consiguiente el título que señala este primer apartado es **la historia de una división: de la ciencia cualitativa a la cuantitativa**. Pero en el segundo apartado solo se enfatizará la concepción matematizada del experimento lo que nos lleva a señalar cuales son las

características que identifican al experimento en esta concepción, para lograr esto se hará un recorrido por la historia de la ciencia, considerando básicamente la historia de las ideas que dan pauta a la existencia de esta estructura. Para el desarrollo de la concepción matematizada del experimento primero se da cuenta del concepto racionalista de ciencia y experimento con Descartes; en seguida se hace mención de Galileo, donde aparece la concepción matematizada, la cual guía al experimento, e inmediatamente aparece la posición de Giordano Bruno quien hace énfasis en el uso del álgebra y la geometría en el desarrollo de su trabajo para finalmente abordar la concepción de Newton.

1.- La historia de una división: de la ciencia cualitativa a la cuantitativa.

1.1.- La ciencia moderna: ¿Destitución de la concepción aristotélica?

Hablar del experimento pareciera ser algo nuevo e innovador, y una característica esencial de la ciencia moderna; sin embargo hacer énfasis en este proceso, equivaldría a remontarnos más de 1500 años a través de la historia de la ciencia, pero este no es el objetivo del trabajo, de ahí que únicamente se rescatarán las ideas principales que dieron origen al desarrollo de la "revolución científica" del siglo XVII¹, momento en que se da mayor auge a la utilización de instrumentos científicos, los cuales llegaron a ser indispensables para la reproducción y dirección de los fenómenos naturales en los laboratorios, utilizados fundamentalmente en la concepción instrumentalista, lo que permitió iniciar el desarrollo de técnicas que son las raíces de la ciencia moderna (Hackmann, 1989: 31), conjuntamente a este hecho, la revolución científica se caracteriza por un cambio de mentalidad, (Butterfield, 1981: 8) (Koyré, 1984: 5) es decir se empiezan a reestructurar los principios filosóficos y científicos fundados en la razón, de ahí surgen las transformaciones conceptuales como:

¹ El hacer énfasis en la revolución científica del siglo XVII, no equivale a considerar que es el momento en donde se inicia con el proceso del experimento, pero si es conveniente subrayar que es el inicio de dos concepciones de experimento.

movimiento, espacio, que después serán identificadas con un contenido e interpretación diferente al que se tenía, producto de ese cambio de pensamiento.

Pero para comprender el verdadero proceso de creación de la nueva ciencia, es conveniente dividir el periodo abarcado por la revolución científica en tres fases principales, que puedan ser denominadas de la siguiente forma: Renacimiento, Las guerras de religión y Restauración (Bernal, 1997: 364). Pero debe tenerse en cuenta que no se trata de tres épocas en mutuo contraste, sino de tres fases de un solo proceso: el cambio de una ciencia especulativa a una ciencia utilitarista.

En principio se debe considerar que el desarrollo correspondiente de la ciencia consistió, en la primera fase, en un desafío total a la imagen del mundo que los medievales habían adoptado de la época clásica. Este desafío encontró su expresión decisiva en el rechazo hecho por Copérnico del cosmos geocéntrico de Aristóteles, sustituyéndolo por un sistema heliocéntrico en el cual la Tierra gira alrededor del Sol al igual que los otros planetas. Pero "en realidad el rechazo de las ideas aceptadas durante tanto siglos, solamente pudo ocurrir cuando se pusieron en tela de juicio todos los fundamentos de la sociedad", es decir existía una búsqueda de la verdad fundada en la ciencia, (Lagemann, 1986: 54) (Bernal, 1997: 362); esto destaca el hecho de que el sistema de pensamiento radicalmente nuevo, fue construido en la nueva sociedad a base de elementos derivados directamente de la vieja sociedad, pero transformados por los pensamientos y acciones de los hombres que estaban realizando la revolución, quienes recuperaron por una parte los mejores trabajos matemáticos de la antigüedad clásica y ayudaron a romper el monopolio establecido por Aristóteles (Koyré, 1984: 6).

En la segunda fase, el rechazo se vio consumado y fortalecido por Kepler y Galileo y fue extendido al cuerpo humano por Harvey. Esto se logró gracias al empleo de los nuevos métodos experimentales, en donde tenía mayor valor el

experimento que la teoría en la que se fundamentaba o que se intentaba probar, es por ello que la interacción que se daba entre experimento y teoría se realizó de manera inconsciente. En este mismo periodo aparecieron los primeros profetas de la nueva era de la ciencia, que fueron Bacon y Descartes, representantes de las corrientes científicas más destacadas de esta época. Aludiendo a lo anterior, Kuhn en *La Tensión Esencial*, utiliza las categorías de tradición experimental y tradición matemática² para referirse a ellas respectivamente, además de considerar que la transformación de las ciencias durante la revolución científica es atribuible, a nuevas maneras de contemplar los fenómenos ya estudiados.

La tercera fase señala el triunfo de la nueva ciencia, su rápido desarrollo y su propagación a nuevos dominios, y la primera organización de científicos en sociedades. Es la época de Boyle, Hooke y Huygens, o sea de la nueva filosofía mecanicista-matemática³. La magna obra de muchos talentos quedó terminada con la formulación de *Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Newton, que vinieron a constituir el cimiento, sobre el que era posible edificar con confianza 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 (Koyré: 1984:5) (Butterfield, 1981: 8). A partir de entonces, las partículas independientes podían entrar libremente en interacción, guiadas por la invisible constitución de las leyes naturales, a su vez el conocimiento de estas leyes fue la clave para poner las fuerzas de la naturaleza al servicio del hombre; esa actitud hacia la función y la posición del experimento es tan solo una de las principales características que distingue a las dos concepciones antes mencionadas, es decir la corriente instrumentalista desdénaba los experimentos mentales e insistía en considerar a los conocimientos productos de este proceso de manera utilitaria.

² Estas tradiciones se desarrollarán más ampliamente y con mayor detenimiento posteriormente.

³ La principal finalidad de la filosofía mecánica-matemática era dar la explicación de todos los fenómenos en términos de materia y movimiento, además de establecer una relación muy estrecha de ellos con los procesos matemáticos.

1.2.- Dos concepciones científicas: Bacon y Descartes.

De acuerdo a lo anterior, se puede considerar que los rasgos básicos de la investigación científica desarrollada en el siglo XVII, fueron el método experimental, los experimentos mismos, los instrumentos y las actitudes y expectativas experimentales (Flores, 1995:1), sin por ello hacer a un lado la concepción matematizada de la ciencia y por ende del experimento, elaborada en un inicio por Descartes.

Bacon y Descartes, fueron divulgadores de la ciencia, 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, cada uno de ellos representa el carácter que tuvo la revolución científica en su respectivo país.

Bacon destacó el aspecto esencialmente práctico del nuevo movimiento, sus aplicaciones al mejoramiento de las artes y su utilidad para lograr una apreciación del mundo que nos rodea, más conforme con el sentido común. Se daba el nombre de ciencias baconianas o filosofía experimental al movimiento iniciado por él, pues era quien se quejaba "del divorcio entre la observación y la explicación y parte de su propósito fue demostrar la manera en que la segunda debía surgir de la primera" (Bernal, 1997: 423), (Butterfield, 1981: 116), (Kuhn, 1997: 66).

Descartes, por su parte, tuvo que luchar en contra del sistema medieval atrincherado en las universidades de Francia; y únicamente podía tener éxito empleando una lógica más clara e intelectualmente más apremiante que la existente hasta ese momento.

Los dos pensadores se preocuparon por el método, aunque sus ideas acerca del método científico fueron muy diferentes, Bacon consideró que el

método consiste en recolectar materiales, efectuar experimentos a gran escala y encontrar los resultados partiendo de una gran masa de evidencias, o sea que concibió esencialmente el método **inductivo** plasmándolo en una de sus obras más trascendentales: *El Novum Organum*. En cambio Descartes se pronunció por la intuición pura, considerando que al lograr la claridad del pensamiento se tenía la posibilidad de descubrir todo lo que fuera racionalmente cognoscible, de tal forma que el experimento viene a ser esencialmente un auxiliar del pensamiento **deductivo**, proceso plasmado en cuatro de sus grandes obras: *El Discurso del Método*, *Las Reglas para la Dirección del Espíritu*, *Meditaciones metafísicas* y *Principios de la Filosofía* (Martínez, 1994:18) (Benítez, 1993: 14). Descartes utilizó su ciencia para construir su concepción del mundo que sirvió en su época para destituir al de la edad media, en tanto que Bacon no estableció ningún sistema propio, sino que se contentó con proponer una organización que actuara como constructora colectiva de nuevos sistemas, de ahí que él concibe al proceso de experimentación como algo estrechamente ligado a la evidencia empírica, por tanto le dio gran importancia a la función que desempeñaban los órganos de los sentidos en dicha actividad. Luego entonces, su función fue la de suministrar el nuevo instrumento para que los constructores pudieran edificar otros sistemas.

Sin embargo el sistema cartesiano, estableció un conjunto de conceptos que sirvieron de base para explicar el mundo material de una manera rigurosamente cuantitativa y geométrica.

En este sentido el pensamiento de ambos filósofos estuvo matizado por ideas medievales, aunque de distinta manera en cada caso. Francis Bacon siguió la tradición enciclopédica, sin mostrar atención hacia la nueva filosofía matemática, por ello ha sido considerado como el primer gran hombre que dio a la ciencia una nueva orientación, con su inclinación empírica, inevitablemente fue un opositor de todos los sistemas predeterminados de la naturaleza.

Por otra parte, el método de Descartes fue un sucesor más directo del método escolástico, pero que no trató de establecer el sistema de ellos, sino el suyo propio. En este propósito mostró plenamente aquella arrogancia individual que fue uno de los rasgos liberadores del Renacimiento. Su principal contribución matemática fue la geometría de coordenadas, 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 uno de sus ejes fijos.

Descartes formuló la división del universo tal y como lo veía: en una parte física y otra moral. Al igual que Galileo, la extensión y el movimiento fueron las únicas realidades físicas que reconoció como "primarias". Otros aspectos de la existencia – como los colores, sabores y los olores- los consideró como cualidades "secundarias", y todavía más allá de éstas, consideró otra región menos accesible aún para la física, el dominio de las pasiones, la voluntad, el amor y la fe. La ciencia según Descartes, se ocupa principalmente del primer conjunto, el de las cualidades mensurables que constituyen la base de la Física, y en menor extensión, también se ocupa de las cualidades "secundarias".

El efecto que tuvo la división establecida por Descartes fue el de permitir a los científicos efectuar su trabajo libre de inferencias religiosas, dando como consecuencia el producir el tipo de científico puro, que se apartaba de aquellos dominios en donde se exponía a ser involucrado en controversias de carácter religioso y político.

De ahí que al hablar de concepciones científicas, matematizada e instrumentalista, no implica una separación total de ambas, sino más bien una diferencia sumamente marcada, pero que tal pareciera ser complementaria.

Pero aquí también debe establecerse la existencia de una diferencia muy marcada entre la forma de concebir la ciencia, en la antigüedad y la ciencia moderna. La manera en como se percibía la ciencia en la antigüedad no

implicaba que todo tipo de conocimientos y saberes tuvieran un uso práctico en la vida diaria, así que su función se ligaba al cultivo del espíritu, sin embargo ahora en los tiempos modernos la ciencia se concibe desde una perspectiva pragmática, por ende su uso tiene que ser práctico e influye en la vida diaria, de ahí que al hablar de experimentación, inmediatamente se piensa que es un campo referido a la ciencia e identificado con la existencia de un laboratorio con una multitud de instrumentos (Bernal, 1997: 331) y no la experimentación como un modelo de ser de la experiencia (Gadamer, 1988).

2.- Concepción matematizada del experimento.

No obstante en esta segunda parte del capítulo se analizará, en forma más específica la concepción matematizada del experimento, de modo que la idea principal de este grupo de autores es que las matemáticas proporcionan un medio para el tratamiento de la física, es decir se consideró conveniente desarrollar una metodología desde la razón, el desarrollo de las matemáticas y un criterio generalizado de las leyes de la ciencia, es por ello que se abordarán de una manera más minuciosa algunas de las principales obras de los representantes de esta concepción.

Además, desde esta forma de experimento, nada hay de malo en inventar algún tipo de movimiento y teorizar acerca de sus propiedades, al referimos a esta concepción tenemos que hacer mención de las aportaciones hechas por Galileo, quien generalmente no desarrolla cuantitativamente sus teoría con ayuda de mediciones concretas, sino más bien concebía su matemática en un contexto físico y lo sometía a la prueba experimental, además le gustaba combinar la elaboración de sus principios con los análisis matemáticos de los experimentos, situando las leyes de la ciencia en el contexto de la experiencia y sometiendo la validez del conocimiento a la prueba experimental, con ello propuso la experimentación y la observación crítica (Cohen, 1989: 84) y es desde ahí que se limita a construir un análisis de modelos abstractos y generales lo cual

explica el uso continuo de los experimentos imaginarios⁴ comúnmente orientados a mostrar pedagógicamente y no ha demostrar experimentalmente y sin embargo de aquí parte el modelo experimental.

Este tipo de situaciones son una característica que identifica a los seguidores de esta concepción, puesto que su objetivo principal es el de perfeccionar la actividad científica a través de la formulación matemática de las situaciones (Butterfield, 1981: 168), (Cohen, 1983: 25), (Bachelard, 1993: 31), siendo los principales seguidores de esta corriente: René Descartes, Galileo Galilei, Giordano Bruno, Isaac Newton, pero también en el desarrollo de este texto se hará mención de algunos otros personajes, quienes proporcionaron fundamentos necesarios para el florecimiento de esta concepción de experimentación, sin embargo sus nombres no son tan reconocidos como por ejemplo, Tycho Brahe,, Johannes Kepler, Hooke, Hygens, entre otros.

2.1.- Concepto racionalista de ciencia y experimento: Descartes.

En párrafos anteriores se empezó a hacer mención de la implicación que tuvo Descartes en el desarrollo de una concepción racionalista de la ciencia, es decir considera conveniente desarrollar una metodología desde la razón que permita ir en busca de la verdad en las ciencias, propósito que se ve reflejado a través de sus principales obras : *Las Reglas para la Dirección del espíritu*, escrita en 1628, además *El Discurso del Método* publicado en 1637, *Las Meditaciones Metafísicas* editado en 1641 y *Los Principios de la Filosofía* en 1644, su última publicación. Obras en donde muestra su preocupación por dar un fundamento lógico a la nueva ciencia natural, que le permita romper con la tradición de la

⁴ Esta categoría de "experimentos imaginarios" es utilizada por Kuhn en su Libro " la Tensión esencial" para referirse a los tipos de experimento que no son realizados objetivamente sino por un proceso de inducción, pero sin embargo este tipo de experimento también puede ser denominado con otras categorías, como en el caso de Butterfield en Los Orígenes de la Ciencia Moderna lo denomina como "experimentos del pensamiento".

Física y de la metafísica aristotélica tal como le fueron enseñadas⁵, por eso es considerado como el fundador de la Filosofía Moderna, y el padre del racionalismo, (Martínez, 1994: 18) corriente del pensamiento caracterizada por una confianza plena en la razón humana, que domina el panorama intelectual del continente europeo durante el siglo XVII.

Como resultado de la preocupación de Descartes por dar fundamento a la ciencia a través de la razón, elabora un método⁶ el cual aparece en *El Discurso del Método*, pero se encuentra más ampliamente desarrollado en *Las reglas Para la Dirección del Espíritu*, además también se ve reflejado en sus otras dos obras, dicho método podría presentarse en cuatro preceptos:

El primero: no aceptar jamás cosa alguna como verdadera, de la que no conociese evidentemente que era tal: es decir, evitar cuidadosamente la precipitación y la prevención; y de no comprender en mis juicios nada más que lo que se presentara tan claramente y tan distintamente a mi espíritu que yo no tuviese ocasión alguna de ponerlo en duda (Principio de la evidencia), (Descartes, 1999: 16).

El segundo: dividir cada una de las dificultades que examinaría en tantas porciones como se pudiese, y que fuera requerido para resolverlas mejor (Principio de análisis), (Descartes, 1999:16).

⁵ Así, a propósito de la enseñanza que recibiera, el mismo Descartes manifiesta en el Discurso del Método: "He sido habituado en el estudio de las letras desde mi infancia, y, porque me persuadía de que, por medio de ellas, se podía adquirir un conocimiento claro y seguro de todo lo que es útil en la vida, tenía un extremado deseo de aprenderlas. Pero tan pronto como hube acabado el curso de los estudios, al fin del cual se tiene la costumbre de ser recibido en el rango de los doctos, cambié enteramente de opinión.; pues a partir de entonces deseaba dedicarme solamente a la investigación de la verdad, pensaba que era preciso que hiciese todo lo contrario y que rechazase como absolutamente falso todo aquello en que pudiera imaginar la menor duda, a fin de ver si, después de esto, no quedaba alguna cosa en mi creencia que fuese enteramente indudable".

⁶ En *Las Reglas para la Dirección del Espíritu*, específicamente en la regla número cuatro, Descartes considera que el método son aquellas reglas ciertas y fáciles cuya rigurosa observación impide que se suponga verdadero lo falso y hace que el espíritu llegue al verdadero conocimiento de todas las cosas.

El tercero: conducir por orden mis pensamientos, comenzando por los objetos más simples y los más fáciles de conocer, para ascender poco a poco por grados, hasta el conocimiento de los más compuestos; suponiendo también orden entre los que no se preceden naturalmente los unos a los otros (Principio de la Inducción), (Descartes, 1999: 16).

Y el último, hacer en todas partes enumeraciones⁷ tan completas y revisiones tan generales, como para que estuviese seguro de no omitir nada. La simplicidad del estilo, la ingenuidad de la presentación, no deben inducirnos en el error (Principio de la enumeración), (Sánchez, 1998: 10), (Brunschuicg, 1993: 31), (Martínez, 1994:31).

Los preceptos anteriores dieron muestra del Método propuesto por Descartes, quien es el primer en hacer énfasis en este tipo de situaciones para el estudio de los fenómenos, en donde la **duda** cumple la función de abrir paso a la poderosa fuerza de la razón frente a la autoridad, en y del pasado, y todo lo que representa; además las parte esenciales que estructuran estos preceptos todavía son manejados en lo que se conoce como Método Científico Experimental, como por ejemplo en el primero de ellos se esta induciendo hacia la observación minuciosa de los hechos, mientras tanto en el segundo se considera prioritario el análisis de la situación; en el tercero se promueve la ordenación de lo hasta entonces obtenido a través del reconocimiento de la misma, por último implica el conocimiento de la perfección en los hechos. En este Método propuesto por Descartes, considera la relación sujeto - objeto, para comprender el proceso de conocimiento de las cosas (Brunschving, 1993:142-143).

⁷ En la regla número siete considera que la enumeración es el medio que sirve para descubrir la verdad con mayor seguridad que la que podría darnos cualquier otro género de pruebas.

A través de los escritos elaborados por Descartes podemos darnos cuenta del uso que hace del método antes descrito, además de que su fin último no era que los demás lo considerasen como modelo, sino más bien como guía que le permitiera al alma o al espíritu⁸ conducir su propia razón hacia la verdad, es por ello que en la primera parte del *Discurso del Método* menciona: "mi propósito no es el de enseñar aquí el método que cada cual debe seguir para guiar acertadamente su razón, sino solamente el de mostrar de que manera he tratado de guiar la mía", asimismo menciona en *Las reglas para la Dirección del espíritu*, (Descartes, 1999: 98) regla Número III sólo existen dos formas de llevar a la inteligencia al camino del conocimiento de las cosas sin temor al error: la intuición⁹ y la deducción, al mismo tiempo que en su obra *Los Principios de la Filosofía*, primera parte, artículo 76, nos dice que debemos preferir a nuestros razonamientos y no creer nada de lo que no es revelado sin conocerlo con mucha claridad. También en esta misma obra deja ver el amplio conocimiento que Descartes ya poseía sobre la ciencia, en el artículo 63 de la segunda parte, da a entender que existen partes más pequeñas que nuestras manos aunque no las podamos ver, es decir se está refiriendo a pequeñas partículas como lo son los átomos; asimismo en los artículos 33-37, es quien empieza a considerar que el movimiento de la Tierra es de forma elíptica y que esta gira en torno al sol, por supuesto que para ello se apoya en las ideas de Copérnico, cuando se entera que este es condenado a muerte por sus ideas propuestas, Descartes duda en publicar sus escritos.

Ahora bien, después de esto ¿Cómo interpreta Descartes a la experiencia, y, cual es la relación y el concepto de experimento con respecto a la ciencia?. En

⁸ En *Las Meditaciones Metafísicas* Descartes reconoce la existencia de dos substancias, mismas que dan significado al resto de sus obras, las cuales son ALMA o ESPIRITU y CUERPO, además del reconocimiento de otra, quien dota de existencia a las dos anteriores que es DIOS, a cada una de ellas les asigna una función; por tanto, el alma es la parte intelectual que se encarga del pensamiento, mientras tanto el cuerpo es la parte física, lo evidente ante los sentidos, pero que tiene que ser atravesado por la razón.

⁹ Entiéndase por intuición, aquella concepción firme que nace en un espíritu sano y atento, por las luces naturales de la razón y por deducción aquella operación por la cual comprendemos todas las cosas que son consecuencia necesaria de otras conocidas por nosotros con toda certeza.

a primera parte de la regla XII, la dedica a comprender al sujeto que conoce. Lo hace concibiendo al espíritu y al cuerpo humano como un compuesto, también se refiere a las facultades para conocer; de ahí que considera que la experiencia puede ser externa o interna. Proviene, en el primer caso, de lo que llega al entendimiento por medio de los sentidos y de lo que recibimos de los demás. En el segundo caso, es el producto de la contemplación reflexiva del propio entendimiento. Es decir la experiencia resulta para Descartes la fuente de conceptos y principios básicos de la ciencia Física; que se concibe en la regla número II, en el contexto del conocimiento científico, como el ejercicio de un entendimiento atento y sabio, capaz de juzgar y reconocer el error, es decir la experiencia solo resulta engañosa cuando se admiten experiencias mal comprendidas (Benítez 1993: 20,21), (Martínez, 1994: 41).

Luego, en la sexta y última parte del *Discurso del Método*, Descartes a través de su racionalismo deja ver que él no es enemigo de la observación y el experimento; pero exige el acuerdo de la razón. La experiencia es inagotable; no hay que pensar que se agote por hacer su análisis y descubrir las ideas que lo explican; y, además, un experimento no tiene alcance sino cuando sirve de prueba a una hipótesis, a una idea preconcebida. Además hay reglas de toda experiencia que no resultan de ninguna experiencia y que no se pueden seguir sino conociendo de antemano la verdad de las cosas, en muchos casos la doctrina cartesiana se anticipa a las experiencias y es a veces el complemento hipotético de un análisis por verificar, además de considerar la estrecha relación que debe existir entre la ciencia Física y las matemáticas (Larroyo, 1999: 5), (Benítez, 1993: 16).

Finalmente, parece claro que Descartes no se propone negar la validez de las percepciones sensoriales. Lo que pretende y necesita demostrar, es que la razón misma es capaz de conocer verdaderamente al mundo. De esta manera la experiencia puede proporcionar conocimientos válidos, siempre y cuando la razón los haga legítimos, de acuerdo con Descartes, sería a través de la

matemática, como se lograría el más alto grado de perfección y rigor en la ciencia.

La trascendencia de la obra filosófica de Descartes en ocasiones oscurece la importancia de su obra científica y, sobre todo, el vínculo estrecho y significativo que hay entre ambas. El reconocimiento de esto puede encauzar mejor nuestra comprensión de las virtudes y dificultades de la propuesta de Descartes.

2.2.-El experimento desde la concepción matematizada, de un trabajo en conjunto: Galileo Galilei y Johannes Kepler.

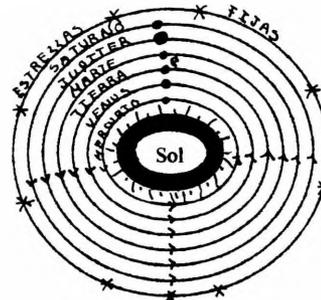
El trabajo realizado por Descartes, se imbrica con una nueva forma de conceptualizar la organización del sistema solar, pues como ya se indicó, este autor también tuvo una gran influencia de Copérnico a quien se le atribuye la primera formulación, en la que se considera al Sol como el centro del sistema planetario solar, y la Tierra como uno más de los planetas que lo conforman, estas ideas surgen a partir de la crítica que el mismo Copérnico realizará a las concepciones sobre el sistema solar.

Es decir por medio de cálculos y argumentos sólidos señala que el movimiento de los objetos celestes podía representarse por movimientos uniformes circulares alrededor del Sol, más bien que de la Tierra. Su planteamiento puede resumirse de la siguiente manera:

- 1.- Se supone quieto al Sol: la Tierra girando sobre su eje tarda 24 horas aproximadamente, mientras la vuelta en torno al sol tiene una duración de 365 días. Así explica el movimiento diurno aparente del Sol y las estrellas, despejando el camino para dar razón de las estaciones.
- 2.- La Tierra es esférica: como evidencias cita el cambio de elevación de ciertas estrellas a medida que un observador viaja según un meridiano N-S, el hundimiento aparente de un barco que se aleja de tierra.

- 3.- Los planetas giran alrededor del Sol en planos casi coincidentes.
- 4.- Los períodos de revolución disminuyen con los radios de las órbitas al pasar de los planetas más exteriores a los más interiores.
- 5.- Los planetas dan vueltas alrededor del Sol en trayectorias que son combinaciones de deferente y epiciclos (Lagemann, 1986: 58).

De tal forma que la figura que se encuentra en la parte de abajo resume la teoría propuesta por Copérnico, en donde el centro del sistema solar es ocupado por el Sol, y cada uno de los círculos corresponde a la órbita de los planetas hasta entonces descubiertos. Además Copérnico comprendió la gran necesidad de anticiparse a las posibles objeciones a su sistema y de presentar al mismo tiempo que su proyecto, los argumentos que lo sustentaban, pero de ninguna manera pensó que con sus argumentos podría transformar las concepciones de su tiempo, pues consideraba que la simplicidad y el orden eran en realidad un atributo a la sabiduría de Dios.



El sistema de Copérnico no reemplazó inmediatamente al ya establecido por Aristóteles y Tolomeo, únicamente fue aceptado por algunos hombres ilustrados y sirvió de base para muchas tablas de los movimientos celestes; luego entonces Copérnico deja muy en claro que en la construcción de modelos sólo partiendo de condiciones verdaderas se puede aspirar a la verdad y al éxito computacional y predictivo: no hay astronomía (matemática) sin una Física (filosofía natural) bien fundada, este proyecto entraña un doble programa de inyectar realidad física a las matemáticas de los astrónomos y de inyectar

matemáticas a la naturaleza y a su estudio. Para afinarlo tuvieron que aunar sus esfuerzos, a través de los años, hombres tales como Tycho Brahe, Johannes Kepler, Galileo Galilei e Isaac Newton, siendo este último quien consumó dichos planteamientos (Kuhn, 1996), (Lagemann: 1986:65).

Johannes Kepler partidario de la teoría heliocéntrica del movimiento planetario desarrollada por Copérnico, aceptó dicha teoría al considerar que la simplicidad de su ordenamiento planetario tenía que haber sido el plan de Dios, de ahí dedujo que las órbitas de los planetas no eran de forma circular como lo había planteado Copérnico en su teoría, sino elípticas, de la cual el Sol es uno de sus focos, además de considerar que el Sol ejerce una fuerza que disminuye de forma inversamente proporcional a la distancia e impulsa a los planetas alrededor de sus órbitas, estos argumentos fueron plasmados en la obra llamada *Mysterium Cosmographicum*, en donde están representadas las ventajas de la teoría copernicana (Encarta 99), (Bernal, 1997: 405).

Pero Kepler logró elaborar su concepción sobre el sistema planetario gracias a las aportaciones hechas por Tycho Brahe, quien realizó un gran número de observaciones tan exactas sobre la posiciones de las estrellas y los planetas, de tal forma que hizo anticuadas todas las observaciones anteriores a él. Recibió la influencia de la obra de Copérnico, pero prefirió adoptar un sistema propio, en el cual los planetas giraban alrededor del Sol ¹⁰ (Lagemann: 1986. 69), (Bernal, 1997: 404).

Mientras tanto Galileo por su parte sostenía que la Tierra giraba alrededor del Sol desechando con ello el modelo aristotélico y el de Tolomeo en la que los planetas giraban alrededor de una Tierra estacionaria, pero el paso decisivo que le permitió asegurar la aceptación de esta nueva concepción celeste fue el

¹⁰ Al morir Tycho Brahe, Kepler heredó su puesto en el observatorio instalado en Praga, además de sus amplios datos sobre las observaciones realizadas en los dos últimos años de su vida, lo que le dio fundamentos para elaborar su teoría, aunque su interés prioritario era el estudio sobre el movimiento de Marte.

disponer de un instrumento físico que le permitió la observación directa del cielo para examinar con mucha mayor minuciosidad el Sol, la Luna y las estrellas; este es el telescopio¹¹. Lo que le permitió en 1610 publicar sus noticias siderales en donde describe la superficie de la Luna, además intenta calcular la altura de algunas de las montañas a partir de sus sombras. Pero al uso del telescopio se le incorporaron dos obstáculos en la forma de interpretar las experiencias obtenidas a partir de él. El primero atañe a las dificultades de aceptar como datos objetivos las imágenes telescópicas, sobre todo en ausencia de una teoría óptica que explique su relación con fenómenos menos externos realmente existentes a una ingente distancia¹². El segundo alude a las dificultades de interpretar esos datos de los sentidos, una vez aceptados como tales y rechazando su carácter de ilusión, como indicadores de determinados hechos, en su función de teorías interpretativas (Bernal, 1997:409), (Solís, 1984: 20).

Al dar a conocer sus descubrimientos hechos con el telescopio, son puestos en tela de juicio por sus oponentes aristotélicos, quienes son respaldados por la santa inquisición, de ahí que acude en su ayuda el apoyo incondicional de Kepler, motivo por el cual se escribe el libro que tiene por título *El Mensaje y el Mensajero Sideral*¹³, resultado del dialogo establecido por Galileo y Kepler a través del envío de cartas.

Las divergencias científicas y filosóficas de ambos personajes han de verse contra el trasfondo de su coincidencia en cuanto a la revolución del saber clásico, ligando para siempre a las matemáticas con la Física.

¹¹ La invención del telescopio no corresponde precisamente a Galileo, sino más bien quien lo invento fue Hans Lippershey de quien no se conoce en realidad cual fue su nacionalidad, por tanto Galileo lo que hizo fue perfeccionar la manera en como se encontraban acomodadas las lentes, aun no se sabe si lo hizo de manera azarosa o lo guiaba su teoría sobre la refracción que publica más tarde.

¹² Información que podía ser complementada con los argumentos sustentados en las leyes de Kepler.

¹³ El título original del libro en latín es *Sidereus nuncius*, pero la última palabra que compone el título tiene el doble significado en latín que corresponde a "mensaje o mensajero", aunque en la traducción se le considere como la "Gaceta Sideral" (Galileo y Kepler, 1984: 27)

Sin embargo a pesar de esa coincidencia fundamental en el propósito copernicano y en la fundación de la nueva ciencia físico-matemática, es difícil encontrar dos caracteres científicos y filosóficos más diversos. En Galileo sus escritos son una muestra de respeto fiel a los datos de los sentidos, tratados y elaborados mediante transparentes argumentaciones matemáticas ceñidas a ellos, Kepler por su parte siendo respetuoso con los hechos, los envuelve en especulaciones y argumentos no ya matemáticos, sino metafísicos y místicos. De igual forma existen actitudes tan dispares en los estilos literarios; mientras que el arte de escribir de Galileo se adapta a su decisión de ceñir los argumentos a los hechos, haciéndose más o menos técnico de acuerdo con los fines que se trae entre manos dándole un enfoque geométrico, el de Kepler escapa continuamente como sus ideas, a su control, concordando con su actitud de apoyarse en datos escasos y en todo caso insuficientes para lanzarse a las más libres asociaciones de ideas con un acentuado énfasis en las matemáticas, especulando mucho más allá de lo permitido por los elementos de juicio disponibles. Las predicciones conjeturales de Galileo son pocas y fundamentadas, mientras que las de Kepler son un tanto disparatadas, aunque ambos argumentos contribuyeron a realizar los descubrimientos fundamentales para sustentar dicha teoría.

Muy a pesar de las diferencias existentes entre Galileo y Kepler, ambos dan muestra de sus descubrimientos hasta entonces obtenidos en el libro conocido con el nombre de *Mensaje y mensajero sideral*. Como muestra de ello en la carta que Galileo dirige al Duque de Toscana le menciona:

“...He aquí cuatro estrellas reservadas a tu ínclito nombre y no del nombre gregario y menos insigne de las inerrantes, sino del ilustre nombre de las vagantes, las cuales con movimientos entre si dispares realizan sus cursos y órbitas en torno a la estrella Júpiter... con unánime acuerdo, grandes

revoluciones en torno al centro del mundo, esto es, en torno al mismo Sol¹⁴...” (Galileo y Kepler, 1984: 33).

El párrafo anterior hace especial énfasis en los descubrimientos de Galileo, como son el haber sido el primero que identificara cuatro de los satélites que tiene Júpiter, con el uso del telescopio, lo que le permitió concluir que la Tierra gira en torno al Sol.

Sin embargo al referimos a Galileo es indispensable hacer mención del experimento de mayor importancia en esta época, elaborado por dicho autor, ubicado en el tema de caída libre, llamado “el lanzamiento de dos objetos desde la torre de Piza”, experimento que aun no se ha podido confirmar si exactamente lo llevó a la práctica o tan sólo fue mera especulación. Sin embargo, en su libro *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre Dos nuevas ciencias*, el mismo Galileo explica que el objeto de su investigación era buscar y aclarar la definición que mejor encaje con aquél movimiento acelerado que utiliza la naturaleza (Cohen, 1983: 25), (Butterfield, 1981: 119), (Kuhn, 1996: 70), es ahí precisamente donde se inicia a hablar de “experimentos imaginarios” o “experimentos del pensamiento”, que se identifican como la nueva manera de entender algo, no es un entender a la naturaleza, sino más bien al aparato conceptual del científico, y su contribución es la de eliminar una confusión previa, forzando al científico a reconocer contradicciones que, desde un principio, se considera eran inherentes a su manera de pensar. A diferencia de una concepción de experimento que sirve para probar si una teoría es o no verdadera. Es ahí donde se inicia a reconocer la importancia de este proceso, pero lo que también implica darle un fundamento sólido que lo respalde, por consiguiente se hace uso de las matemáticas, lo que permite, de acuerdo a esta corriente, dar rigor al conocimiento científico, es decir habría que dirigir la mente sin error al desvelamiento de los secretos de la naturaleza. El nuevo método era

¹⁴ Se trata de la primera declaración pública del heliocentrismo por parte de Galileo. (Galileo, 1984: 33)

en gran medida experimental y se ha dicho que se basaba en la inducción, también era cuantitativo y no meramente observacional, por lo que podía desembocar en principios y leyes matemáticas. Una de las aplicaciones de este nuevo método, puede verse en la fundamentación de la ética, partiendo de axiomas y principios que eran demostrables por sí mismo, hasta llegar a los postulados que serían las acciones éticamente permitidas. Este sería un método deductivo para fundamentar la ética, cosa que hizo B. Spinoza (Spinoza, 1977).

Es decir Galileo hace 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 solo quedó expuesta por entero en sus *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*, donde Galileo pone en cuestión todas las concepciones, sobre el universo, aceptadas hasta ese momento, sometiéndolas a prueba por medio del nuevo método: el método experimental, por tanto los experimentos realizados por dicho autor podría decirse que fueron casi, pero no exactamente, los primeros de la ciencia moderna, además de que su carácter cuantitativo los hizo compatibles a la teoría matemática; ya que el propio Galileo se mostró en una actitud de transición respecto a sus propios experimentos, luego entonces no los realizaba para convencerse él, sino para convencer a los demás, ya que tenía una enorme confianza en el poder de la razón para interpretar a la naturaleza, y, en este sentido hizo más bien demostraciones que experimentos¹⁵ (Bernal, 1997:410), (Flores, 1995: 11).

¹⁵ Como se menciona en el texto Galileo realizó "experimentos ideales, imaginarios o del pensamiento", pero también como se menciona en el texto realizó demostraciones para convencer a los demás sobre sus propuestas, sin embargo cuando obtenía resultados diferentes de los que esperaba, volvía a examinar sus propios argumentos, es decir solo utilizaba dichas actividades como las guías de un análisis que le permitieran la elaboración matemática de la situación .

2.3.- La consumación de la aceptación de la teoría de Copérnico y el derrocamiento de la concepción aristotélica: Giordano Bruno.

Bruno era visto selectiva, unilateral e interesadamente como un adalid de la ciencia moderna y de la libertad de pensamiento; su proceso y ejecución era la muestra explícita (previa al caso de Galileo) de la oposición de la iglesia a la modernidad, a la libertad, a la ciencia y a la posibilidad de una Italia moderna.

En 1584 salen a la luz en Londres *La cena de las cenizas*, *Sobre la causa, el principio y el uno* y *Sobre el infinito universo y los mundos*. Estos tres diálogos, escritos en italiano, reciben el nombre de diálogos metafísicos.

De los diálogos metafísicos, hay dos, *La cena de las cenizas* y *Sobre el infinito universo y los mundos*, en los cuales ocupan un lugar preeminente las discusiones de carácter astronómico, reciben el nombre de metafísicos, porque el motivo de filosofar de Giordano Bruno es de este tipo y porque la Física aristotélica es a la que se pretende reemplazar y según Bruno se combate con sus propias armas, es decir con un cuerpo de doctrinas puramente metafísicas en torno a la naturaleza.

En *la cena de las cenizas* cuatro personajes representan el pensamiento de Bruno, en donde dialogan sobre el universo y discuten el sistema de Copérnico, considerándolo como un hombre no inferior a ningún astrónomo que haya existido antes que él, hombre que, en cuanto a su juicio sobre la naturaleza, ha sido muy superior a Tolomeo, pero Bruno lo considera más conocedor de la matemática que de la naturaleza, lo que no le permitió resolver todas las dificultades. Sin embargo alaba de Copérnico la concepción heliocéntrica, pero le reprocha el no haber extraído todas las consecuencias cosmológicas que según su propia interpretación deben extraerse de ella.

Sin duda alguna, gracias a las aportaciones de Bruno conocemos la existencia de millares de astros que contemplan al infinito, además también

sabemos que no hay más que un solo cielo inmenso, en el cual los astros se mueven y participan de la vida perpetua.

Si bien es cierto que en un momento dado reivindica para sí el derecho de forjar hipótesis o modelos matemáticos, a fin de poder demostrar lo que desea, y entre estas suposiciones, el movimiento de la Tierra, de ello no puede inferirse que tal movimiento sea para él una mera hipótesis.

En su libro *Sobre el infinito universo y los mundos*, la idea central que infiere de él es, la imposibilidad de fijarle un centro al cosmos y por consiguiente de hallar en él un orden simétrico. Sin embargo considera a cada uno de los cuerpos celestes como un ente dotado del principio del movimiento y del alma, por tanto la Tierra como los demás cuerpos celestes se mueven "por un principio intrínseco, que es su propia alma". De ahí que Bruno utiliza la relación entre el Universo y Dios como argumento para probar la infinitud del primero. Puesto que Dios es infinito, también tiene que ser infinita su obra. Será infinito, el universo, aunque en diferente sentido que Dios.

La cosmología de Bruno anuncia a Newton y a la Física moderna, gracias a la resurrección de la Física más antigua de Occidente.

2.4.- Armando el rompecabezas, la concepción matematizada del experimento adquiere forma: Isaac Newton.

El gran florecimiento de la actividad científica se da en muchos campos, pero es indudable que el interés central y el mayor triunfo científico del siglo XVII lo constituyó la integración de un sistema general de la mecánica, capaz de explicar el movimiento de las estrellas en función del comportamiento observable de la materia en la Tierra, el encontrar respuesta en forma completa y satisfactoria fue tarea de toda una serie de matemáticos y astrónomos, quienes se auxiliaron de los avances instrumentales, además el perfeccionamiento en el estudio de los fenómenos fue gradual y no un cambio radical en la concepción

matematizada del experimento, dicha concepción incluye los nombres científicos de la época como son: Galileo, Kepler, Descartes, Hooke, Huygens, Halley, Tycho Brahe, entre otros más; quienes de forma directa o indirecta contribuyeron a la unificación de la mecánica plasmada en los *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural* de Newton¹⁶, en donde formuló y demostró su teoría de la gravitación universal (Bernal, 1997:455), (Kuhn, 1996: 74), (Cohen,1981:21).

Es considerado como el momento culminante de esa Revolución científica, el descubrimiento realizado por **Isaac Newton** de la **Ley de Gravitación Universal**: todos los objetos se atraen unos a otros con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia. Al someter a una sola ley matemática los fenómenos físicos más importantes del universo observable, Newton demostró que la Física terrestre y la Física celeste son una misma cosa, es decir Newton había alcanzado así el objetivo Kepleriano de desarrollar una física basada en las causas (Cohen, 1981:21).

El trascendental descubrimiento de la gravitación universal, fue la culminación de una serie de ejercicios encaminados a resolver problemas; fruto de deducciones lógicas y de transformación de ideas preexistentes. El descubrimiento de la gravitación, es una característica fundamental de todas las discontinuidades en el curso de la ciencia, es decir crear algo nuevo por transformación de ideas ya existentes.

Un paso decisivo en el camino hacia la gravitación universal tuvo lugar a principios de 1680, cuando Robert Hooke introdujo a Newton en un nuevo método de analizar el movimiento a lo largo de una trayectoria curva. Hooke

¹⁶ Como lo menciona Antonio Escotado en el estudio preliminar del libro "Principios Matemáticos de Filosofía Natural", la situación había madurado de tal forma que cualquier joven que hiciera un estudio completo de todo el campo y tuviese suficiente elasticidad mental estaba ya en condiciones de reunir todos los elementos del problema y, con un poco de intuición colocarlos ordenadamente.

había tenido la habilidad de ver que el movimiento de un cuerpo que gira tiene dos componentes: una inercial y otra centrípeta¹⁷, es decir dirigida hacia el centro, para nosotros es claro que tal fuerza no existe, puesto que en la interacción de los objetos físicos no hay indicios de una fuerza que se aparte del centro, es decir la ilusión de una fuerza centrífuga surge siempre que se observa un objeto en movimiento desde un sistema de referencia en rotación.

Con este cambio de fuerza centrífuga a centrípeta, se llegó a apreciar el papel fundamental que desempeña el cuerpo central, dicho cambio no fue considerado fácilmente por Newton, antes de adoptar este planteamiento cuestionó a Hooke diciéndole: ¿Qué camino seguirá un objeto, dejado caer libremente, si pudiera atravesar la tierra en rotación?. A lo que él le respondió que sería de forma elíptica, la respuesta es confirmada cuando en 1684 le visitó el astrónomo y matemático Halley, haciéndole una pregunta similar a lo que Newton respondió con cálculos que él mismo había obtenido. Dicha demostración es la que resaltó la importancia física de la primera ley de Kepler, en donde éste hace alusión a las órbitas elípticas realizadas por los planetas en torno al Sol, leyes que hasta el momento no habían sido tomadas en cuenta por una gran mayoría de astrónomos, pero el caer en la cuenta de su importancia exigió una perspicacia extraordinaria por parte de Newton. Fue él quien elevó la ley kepleriana de las áreas a la categoría de que goza hoy en día (Cohen, 1981:22,32), (Escotado, 1997).

Al realizar una lectura de conjunto de todos los elementos existentes hasta el momento, Newton formula las tres leyes del movimiento que dan forma lógica a la mecánica, las cuales se encuentran ampliamente desarrolladas y demostradas en el Libro más importante del Siglo XVII escrito precisamente por Newton, titulado *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, en donde a la letra dice:

¹⁷ El concepto de fuerza centrípeta sustituyó al de fuerza centrífuga, es decir "huyente del centro".

La ley I establece que "todo cuerpo preserva su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vea compelido a cambiar el estado por fuerzas impresas". Principio de inercia (Newton, 1997: 28-29).

La ley II establece que "el cambio de movimiento es proporcional a las fuerzas motrices impresas, y se hace según la línea recta en la cual se imprime dicha fuerza"¹⁸ (Newton, 1997: 28-29).

La ley III culmina la axiomática: "la acción es siempre contraria e igual a la reacción, como las acciones mutuas de dos cuerpos son siempre iguales y dirigidas a partes contrarias" (Newton: 1997: 28-29).

La superlativa importancia de esta tercera ley en la construcción de los Principios deriva de que funda la dinámica gravitacional como sistema de atracciones recíprocas, es decir con ello se apoya la tesis en la que se dice que no solo es el Sol quien atrae a los planetas, sino que también los planetas atraen de manera mutua al sol, es también una relación matemática entre las masas de los cuerpos que se atraen; motivo por el cual Newton se da a la tarea de definir y establecer la diferencia que existe entre peso y masa, es decir el peso depende directamente de la fuerza de gravedad que se tiene, sin embargo la masa permanece constante no importando el lugar en donde se ubica cualquier cuerpo, entendiendo por cuerpo todo aquello que llena un lugar; por lugar, parte del espacio llenada enteramente por una cosa (Escohotado, 1997).

¹⁸ Se define como la causa de cualquier cambio en el movimiento, se mide como producto de masa por su velocidad.

De lo anterior puede considerarse que el objetivo de Newton era dar fundamento a una nueva concepción sobre el sistema solar considerando que la filosofía natural podía desarrollarse sobre principios matemáticos, por tanto se descarta la existencia de aquel episodio de que la caída de la manzana le sumió en una cadena de reflexiones que le condujeron al descubrimiento de la ley universal.

Conclusiones.

Existen dos concepciones las cuales versan sobre la forma en que se lleva a cabo el experimento, la matematizada y la instrumentalista, por tanto cada una lo hace desde sus propios argumentos, pero esta diferencia es aun más marcada al inicio de esta revolución científica.

De acuerdo a los argumentos y autores descritos en el capítulo, puede considerarse que la revolución científica se da por el cambio de mentalidad e ideas, ideas que deben destituir a las aristotélicas (Butterfield, Koyré y Kuhn); en esta etapa de la historia es donde surge un gran auge económico gracias a los descubrimientos hechos por la ciencia.

La concepción matematizada fue a quien se dio prioridad en este capítulo, por tanto puede deducirse que el objetivo fundamental de quienes versan sobre este tema es el de mostrar que la filosofía natural puede desarrollarse sobre conceptos y categorías matemáticas, además de considerar que a través de los sentidos no podemos obtener grandes deducciones, por tanto el experimento solo sirve en ocasiones como demostración, pero no como explicación, de ahí la utilización de "experimentos imaginarios", "del pensamiento" o "ideales" que son quienes guían el proceso.

Descartes, Galileo Galilei, Kepler, Giordano Bruno y Newton, consideran a las matemáticas como un mecanismo, a través del cual se puede perfeccionar la

actividad científica, siempre y cuando este proceso este mediado por la razón. Estos personajes son quienes dan al método científico un carácter deductivista, por tanto el experimento en esta concepción adquiere un sentido retórico, donde su función radica en ser auxiliar del pensamiento en la construcción de teorías científicas, estas características son propias de la concepción matematizada, pero cada uno de los autores quienes la integran, manejan sus argumentos en función de ellas, pero con sus propias particularidades.

Descartes, principal representante de esta concepción, en el *Discurso del Método*, hace énfasis en su propuesta metodológica, pero como él mismo lo manifiesta el hecho de que exista no implica que éste sea considerado como un patrón o sistema rígido propio de la ciencia, en consecuencia considera que la observación y el experimento deben estar de acuerdo con la razón, pues la razón es capaz de conocer al mundo, por tanto el experimento únicamente es un factor complementario en la elaboración de hipótesis y teorías. Mientras tanto Galileo Galilei y Kepler en su obra *El Mensaje y el Mensajero Sideral*, empiezan a hablar sobre los experimentos imaginarios, momento en donde nuevamente se hace uso de la razón, siendo su tesis central, considerar al experimento como una manera de demostrar, y no de comprobar las teorías elaboradas. En este mismo sentido, Giordano Bruno, da muestra de ser partidario de esta concepción, pues en la elaboración de sus obras, da muestra de ser un gran conocedor de los conceptos matemáticos, además en estos apoya la propuesta de Galileo al considerar que los planetas giran en torno al sol.

Pero sin duda alguna, los méritos de esta concepción son para Isaac Newton, personaje que empieza a armar el rompecabezas científico, es decir él se encarga de conjuntar los conocimientos hasta el momento elaborados por Galileo, Kepler, Descartes, Tycho Brahe, Hooke y Bruno, entre otro más, sobre cuestiones Físicas y sobre el sistema solar, estos conocimientos se perfilan en su obra *Principios Matemáticos de Filosofía Natural*, momento culminante de

esta concepción, momento en que se considera al experimento como un proceso complementario a la construcción de teorías.

La razón, es el instrumento principal de esta concepción, a través de ella, el experimento adquiere un carácter retórico, donde su objetivo no radica en comprobar las teorías, sino únicamente se utiliza como un recurso auxiliar del pensamiento, es decir se le considera como una forma de poder mostrar las teorías, como un recurso complementario.

En esta concepción, el experimento adquiere un sentido diferente, donde se le identifica como un recurso retórico, como un auxiliar de la razón. Ahora bien, es importante señalar dos experimentos constantemente mencionados en varios textos de Física, el primero de ellos, es cuando Galileo lanza objetos desde lo alto de la torre de Piza para mostrar su teoría sobre Caída Libre. El otro, es la famosa caída de la manzana en la cabeza de Newton, ambos tienen una característica en común, se duda de la existencia de ambos, algunos autores afirman su no existencia, pero se hayan o no realizado ambos, nos dan muestra del uso de la razón en la construcción de las teorías de sus respectivos autores, además de su uso como recurso retórico no totalmente fundamentado en lo que sus sentidos son capaces de registrar, característica propia de la concepción instrumentalista, objetivo de estudio del siguiente capítulo.

CAPITULO II

LA CONCEPCION INSTRUMENTALISTA DEL EXPERIMENTO

0.- Introducción

En el capítulo anterior se identifican los dos tipos de concepciones científicas, conocidas como matematizada e instrumentalista, las cuales se empiezan a hacer más notorias a partir del siglo XVII, siendo la primera de ellas la que se desarrolla más ampliamente en dicho capítulo, ésta división surge con el cambio de una ciencia especulativa por una ciencia más utilitarista, a partir de este momento en la historia de la ciencia se da mayor auge a la concepción instrumentalista encabezada por Francis Bacon, de tal forma que la concepción matematizada sufre grandes críticas por parte de los instrumentalistas, puesto que su manera de concebir la ciencia es diferente, ya que los argumentos de la primera de ellas son defendidos por Descartes, Galileo, Kepler, Newton, entre otros más, es decir sus grandes seguidores son quienes utilizan al experimento como una manera de mostrar sus teorías, ancladas básicamente en conceptos matemáticos, además es preciso reconocer que las teorías propuestas guían el proceso de experimentación, mientras los seguidores de Bacon proclaman una ciencia fundada en la experiencia, es decir una ciencia empirista, que se distingue por carecer de una teoría que permita fundamentar el proceso de experimentación los laboratorios, pues en aquel momento se considera necesario determinar un sitio específico para realizar este tipo de trabajos, luego entonces se requiere de la fabricación de instrumentos por parte de los artesanos, los cuales permitan realizar dichos experimentos, a pesar de las divergencias existentes entre ambas concepciones, aunque la finalidad de ambas es la búsqueda de un método para la ciencia, el cual permita continuar el desarrollo de la misma, además del derrocamiento de la concepción aristotélica hasta ese momento presente.

Entre los principales seguidores de Bacon en su concepción instrumentalista puede mencionarse a Robert Boyle, Newton¹⁹ y David Hume, quienes consideran a la experiencia como parte esencial en la ciencia, sin embargo cada uno de ellos la concibe de diferente manera, de ahí que su propuesta metodológica a utilizar en la ciencia sea diferente a pesar de tener como eje principal la experiencia; lo que se pretende rescatar de ellos es la forma como se debe llevar a cabo el proceso de experimentación de acuerdo al concepto de ciencia utilizado.

Para tal efecto el capítulo se divide en cuatro apartados. En el primero se hace mención de las principales características de esta concepción instrumentalista, donde se puntualiza la imagen de la experiencia y la observación, las cuales dan estructura a cada uno de los trabajos de los autores que se abordan, pero no sin dejar fuera la incidencia que en este proceso tiene la utilización y la fabricación de instrumentos científicos, los cuales dan pauta a la transformación de una ciencia especulativa a una ciencia de tipo pragmática. En la segunda parte se discute la forma en como Bacon considera que debe llevarse a cabo el proceso de experimentación, guiado por la metodología propuesta en su libro *El Novum Organum*; el cual constituye la segunda parte del libro titulado *Instauratio Magna*, puesto que en ambos empieza a perfilarse el desarrollo de la corriente instrumentalista, como aquella cuyo interés principal es la interpretación de la naturaleza, a partir de ello se considera al científico como intérprete de la naturaleza. En el tercer apartado se consideran las principales aportaciones realizadas por Robert Boyle y Newton, en este se considera a ambos

19 A este último se le considera como seguidor de las dos concepciones científicas, es de ahí que sean reconocidas sus dos grandes obras, cada una de ellas representativas de una corriente, por tanto en el primer capítulo se hizo énfasis en "Los principios matemáticos de la filosofía natural" y en este capítulo se hará en su "Tratado de óptica", pero no sin dejar de pensar a la manera de Butterfield, es decir que en cierta manera el trabajo de Newton es producto de la influencia de su época.

representantes de la corriente instrumentalista porque son quienes dan mayor importancia a la utilización del laboratorio y de los instrumentos, hasta entonces contruidos para la realización de sus experimentos, por tanto se abordan algunos de ellos, pero no sin dejar de mencionar que entre sus propuestas también existen divergencias en cuanto al mismo proceso de experimentación en relación a la teoría que los antecede. El último apartado hace énfasis en las aportaciones realizadas por David Hume en su libro *Tratado de la Naturaleza Humana*, en donde deja ver al experimento como mera repetición que intenta probar que la razón y los juicios racionales son tan solo asociaciones habituales, diferentes sensaciones o experiencias, es decir intenta probar que la razón nunca podrá mostrarnos la conexión entre un objeto y otro si no es ayudada por la experiencia y la observación de situaciones pasadas, de ahí que únicamente debe pensarse en términos de “causa y efecto”.

1.- Concepción instrumentalista del experimento.

Esta concepción empieza a tener mayor auge, y a ser reconocida básicamente a partir del siglo XVII, cuando el movimiento encabezado por Francis Bacon considera necesaria la formación de un nuevo **método** en la ciencia que le sugiera nuevos tipos de experimentación práctica (Butterfield, 1981: 140), con ello se empieza a perfilar un sistema de investigación experimental, el cual pretende interpretar a la naturaleza a través de los sentidos, pero al referirnos a ella es necesario considerar tres aspectos importantes, los cuales permitieron su desarrollo y divulgación:

- A) Considerar a la **Experiencia** y **observación** como conceptos centrales.
- B) Dar mayor importancia a la **utilización** y **fabricación de instrumentos científicos**.
- C) Además de hacer énfasis en **una ciencia pragmática**, es decir que contribuya al bienestar del ser humano.

Por tanto para abordar esta concepción es indispensable reconocer la importancia que tuvo cada uno de estos aspectos en su florecimiento, lo cual no implica que haya sido olvidada, ya que aun se encuentra presente en muchos de los libros de Física, como el ejemplo que se muestra a continuación:

Cuando se habla de la relación entre Flotación y densidad, expresada en palabras las condiciones para que se presente son:

- *Un objeto flota en un fluido si la densidad del objeto es menor que la densidad del fluido.*
- *Un objeto se hunde si la densidad del objeto es mayor que la densidad del fluido.*
- *Un objeto está en equilibrio sumergido a cualquier profundidad en un fluido si la densidad del objeto y del fluido son iguales.*

Ver la demostración número 8:

- a) Latas de coca-cola sin abrir dentro de un recipiente de agua.*
- b) La lata de coca-cola clásica se hunde y la lata de coca-cola dietética flota.*

Una demostración de la flotación que muestra que la densidad general de una lata de coca-cola dietética es menor que la del agua, mientras que la densidad de una lata de coca-cola clásica es mayor.

Considere las preguntas siguientes: ¿Tendrá una lata un volumen mayor de metal?, ¿Una presión mayor de gas en su interior?, ¿Más volumen del fluido?, ¿Las calorías marcan alguna diferencia?. Investigue las posibilidades usted mismo para determinar las razones de las densidades diferentes (Wilson, 1996: 308).

Tomando como referencia el ejemplo anterior pueden en él identificarse varias características de esta concepción, aunque tampoco se identifica totalmente con la propuesta de alguno de los autores de ella, así que con la formulación de las tres condiciones se está considerando que las densidades de los objetos o fluidos son uniformes y constantes, es decir está uniformando a la

naturaleza, sin embargo sus ejemplos están guiados por las mismas condiciones que presenta, por tanto se está haciendo alusión a lo propuesto por Newton, aunque también en el desarrollo del mismo procedimiento está estableciendo una relación entre la causa y el efecto como lo haría Hume, luego entonces con respecto a Bacon este mismo ejemplo hace énfasis en la implicación que tienen los sentidos y la observación en él, aunque este mismo ejemplo, tiene semejanza y divergencias con la postura de Boyle²⁰.

Al igual que en el apartado anterior, es necesario considerar a los cuatro partidarios más destacados de esta concepción, parece importante señalar de manera más puntual como concibe la experiencia y la observación cada uno de ellos, es decir cómo Bacon, Boyle, Newton y Hume describen que debe llevarse a cabo estos procesos de acuerdo con el método que fundamenta su propuesta experimental, además establecer la relación de los comentarios elaborados a partir del ejemplo y las concepciones que cada uno de estos autores tiene; pues a pesar de pertenecer a una misma postura en donde su objetivo central es buscar leyes generales para “uniformar a la naturaleza”; luego entonces su apuesta es la búsqueda de principios que permitan mantener un control sobre ella (Kuhn, 1996: 79), pese a esto tienen divergencias en cuanto a la forma de como debe llevarse a cabo la investigación experimental. Sin embargo una característica esencial desarrollada en esta concepción es la ausencia de una teoría (a excepción de Newton) que permita establecer nexos firmes con los fenómenos naturales, por tanto los experimentos no cumplen una función de construcción teórica o de ejemplificación pedagógica de leyes, sino que únicamente constituyen genuinos experimentos de exploración de la naturaleza cuyas respuestas se arrancan a veces con violencia, obligándola a ponerse en condiciones en la que ella normalmente no se sitúa (Solís, 1988: 22).

²⁰ Ejemplo que más adelante se muestra con detalle, donde se discutirá sobre sus divergencias con el que se trata actualmente.

Bacon al especular sobre la experiencia obtenida de los sentidos considera necesaria la utilización de la observación, lo que permite llegar al conocimiento, realizando una interpretación racionalizada, es decir aproximarse a la verdad de la naturaleza (Schussheim, 1992: 96), señalando con ello la necesidad e importancia de un nuevo método del conocimiento que resulte útil a los hombres, quienes también deben hacerse conscientes de sus propios prejuicios (Larroyo, 1991), de manera general en esto consiste la propuesta metodológica²¹ de este autor manifestada en el libro del *Novum Organum*.

Sin embargo al mencionar las aportaciones realizadas por Boyle y Newton es necesario considerar que estos dos autores señalan con mayor detenimiento la utilización del laboratorio en la realización de su trabajo, asimismo es importante reconocer a ambos como más instrumentales, pero con diferencias muy marcadas en sus trabajos.

El hablar de Boyle implica reconocerle como principal defensor del método científico, luego entonces considera como necesaria la observación objetiva de los experimentos verificables en los laboratorios, sin fundamento alguno en la teoría, es entonces cuando decide no aceptar las hipótesis de nadie y no sacar conclusiones de premisas en asuntos naturales que no pudiese verificar él mismo, (Solís, 1988: 20), por tanto para la realización de sus trabajos son de vital relevancia la construcción de instrumentos con un alto grado de perfeccionamiento, por esto afirma: todo saber efectivo deriva de la experiencia, es decir del contacto directo con la realidad.

Uno de los experimentos más importantes realizado por Boyle, es el que se refiere a la bomba de vacío, la realización de éste experimento constituía la principal esperanza en el funcionamiento de está máquina, tras haber superado algunas pequeñas dificultades, se hizo el experimento del siguiente modo:

21 Se hace mención de esta propuesta de manera muy general, en páginas posteriores se desarrollara con mayor detenimiento haciendo uso de los argumentos manejados en el *Novum Organum*.

tomamos un cilindro de vidrio estrecho y hábilmente soplado de casi tres pies de longitud (91.5 cm), cuyo agujero tenía un diámetro de un cuarto de pulgada (0.63cm) menos la anchura de un cabello. Habiendo sellado herméticamente un extremo de dicho tubo, se lleno por el otro de mercurio, procurando al hacerlo que quedasen la menor cantidad de burbujas posibles. Habiendo tapado luego el tubo con el dedo, se invirtió y se abrió, según se suele hacer en el experimento, en una caja cilíndrica un tanto alargada y estrecha (en lugar de la cual pretendemos ahora utilizar un vaso de la misma forma) llena de mercurio hasta la mitad. Así, habiendo dejado que descendiese el metal líquido, y tras haber pegado un trozo de papel al nivel de la superficie superior, la caja y el tubo y demás se introdujeron cuidadosamente mediante cuerdas en la campana. A continuación, gracias al agujero anteriormente mencionado en la tapadera, ésta se deslizó a lo largo de toda la porción del tubo que sobresalía por la parte superior de la campana, y el tubo que quedaba entre los bordes del agujero y el tubo se llenó muy cuidadosamente con diaquilón (ungüento empleado en medicina para hablandar úlceras y como pegamento, se coloca un poco caliente) y la grieta circular entre la tapadera y la campana se sello asimismo con todo cuidado. Tras dicho sellado no pareció cambio alguno en la altura del cilindro de mercurio, como si el recipiente de vidrio interpuesto no interrumpiese la presión inmediata de la atmósfera ambiente sobre el aire encerrado, por lo que éste parece operar sobre el mercurio más bien en virtud de su resorte que por su peso, dado que no se puede pensar que éste alcance más allá de dos o tres onzas, lo que resulta despreciable en comparación con ese cilindro de mercurio al que impediría descender.

Estando así dispuestas todas las cosas, se hizo descender el émbolo e inmediatamente, tras la salida de un cilindro de aire fuera de la campana, el mercurio del tubo descendió como era de esperar. Mas al proseguir esta tarea, pronto nos vimos imposibilitados para señalar con precisión los niveles alcanzados por el mercurio en su caída, puesto que enseguida descendió por debajo de la parte superior de la campana, con lo que a partir de ese momento

sólo podíamos marcarlo a ojo. Continuando con el bombeo durante un cuarto de hora aproximadamente, nos encontramos con la imposibilidad de hacer que el mercurio del tubo descendiese del todo, pues cuando la campana se hallaba vacía de su aire considerablemente, por lo que la más pequeña cantidad que restaba era incapaz de resistir la irrupción del exterior, ese aire habría de presionar de uno u otro modo. Y por más que no pudiera entrar mucho, ese poco era suficiente para equilibrar la presión de un cilindro de mercurio tan pequeño como el que quedaba en el tubo.

Este experimento se repitió durante algunos días más, llevando un registro minucioso de los cambios efectuados durante su realización (Boyle, 1988: 53-57). Este ejemplo nos da muestra de las características manejadas por Boyle en la realización de sus experimentos, además resalta la importancia que tiene en ellos la fabricación de los instrumentos y el registro minucioso de los mismos.

Boyle, con el ejemplo anterior, nos da muestra de estar dispuesto a realizar todo tipo de experimentos para convertirlos después en historias naturales²² no importando las ciencias en las que se este trabajando; por otra parte, Newton hace uso del experimento de manera sistemática, lo que da pauta al establecimiento de una teoría en la ciencia experimental, de tal manera que intenta un nuevo engranaje entre la teoría y la experimentación, de ahí el uso de experimentos específicamente diseñados para suministrar la pieza de una argumentación orientada a crear una teoría general (Solís, 1981) (Kuhn, 1996: 75), es decir Newton fue capaz de yuxtaponer experimentos seleccionados a la teoría, cuestiones que se ven reflejadas directamente en su libro titulado *Optica*, sin embargo él solamente hizo uso de las formas en como se estaba llevando a cabo la ciencia.

22 Se identifican a las historias naturales como las narraciones de los experimentos realizados o también como el reporte de los fenómenos naturales observados durante determinado tiempo.

Asimismo otro de los personajes más destacados en esta concepción instrumentalista es Hume, quién intenta probar que la razón y los juicios racionales son tan solo asociaciones habituales con diferentes sensaciones, por tanto la razón nunca podrá mostrarnos la conexión entre un objeto y otro, si no es ayudada por la experiencia y la observación en situaciones pasadas, ya que si la mente pasa de una impresión a una idea²³, no es por la razón sino por la experiencia, de ahí que la ciencia debiera pensarse en términos de causa y efecto, siendo producto de este tipo de pensamiento su libro titulado *Tratado de la Naturaleza Humana* (Mellizo, 1973: 31), (Larroyo , 1985: 6).

Todas las ideas de estos personajes hacen especial énfasis en la utilización del experimento y la observación pero con su propio enfoque, además como puede notarse hacen referencia al uso de instrumentos y aparatos más sofisticados y perfeccionados, contruidos a partir de los conocimientos obtenidos en el desarrollo de esta concepción, que se basaba en el sentido común de la experiencia diaria y hacía uso de una estructura causal de la explicación.

De tal forma que los instrumentos científicos llegaron a ser indispensables en la realización y dirección de la experimentación en el siglo XVII, lo que permite dar inicio al desarrollo de las técnicas que son las raíces de la ciencia moderna. En relación a ellos se pueden destacar tres aspectos fundamentales:

- El primero, es que ellos llegaron a ser indispensables en la recolección y disección de los fenómenos naturales, por tanto dan pauta al desarrollo de técnicas, raíces de la ciencia moderna (Hackman, 1989: 31).
- El segundo, es que los instrumentos generan la pregunta sobre la validez de las observaciones: ¿son estos fenómenos reales o creados

²³Impresiones e ideas, ambas categorías manejadas en las propuesta de Hume, la primera esta ligada a los sentidos y la segunda al pensamiento, adelante se explicarán con detenimiento.

por el instrumento?, en este sentido algunos instrumentos son usados como herramientas de medida, en tanto que otros son modelos de cómo el mundo natural era percibido (Hackman, 1989: 31). Por tanto surgen dos tipos de experimentos: El primero consistente en procedimientos de laboratorio para aislar ciertos fenómenos y determinar sus propiedades. El segundo consistente en modelos de laboratorio con los cuales imitar los fenómenos percibidos (Flores, 1995: 5)

- El tercero se refiere a cómo son utilizados los instrumentos, para hacer experimentos; en este sentido, los instrumentos fueron frecuentemente réplicas de laboratorio de los procesos naturales del mundo real, también fueron demostraciones visuales que tenían un papel poderosamente didáctico y propagandístico (Hackman, 1989: 31).

Por tanto, de acuerdo a lo anterior, se nos señala el propósito fundamental de estas tempranas técnicas instrumentales que se centraba en la importancia de los sentidos en las observaciones, además en la relevancia de sus aportaciones que les permitieran controlar y uniformar a la naturaleza (Hackmann, 1989: 39), pero todo esto en beneficio de la humanidad en nombre de la ciencia, ya que es necesario considerarla útil y en consecuencia es indispensable proyectar una mejor aplicación de la mente y la comprensión del hombre sobre estos conceptos elaborados por el mismo hombre (Schussheim, 1992: 97).

En el momento en que se empiezan a utilizar aparatos más sofisticados en los laboratorios, es en donde se empiezan a hacer cuestionamientos acerca de la validez de los resultados obtenidos de estos, además de distinguir diferencias entre ellos, es decir si en su realización se da importancia a la forma en como se comprende la naturaleza o son la forma en como se piensa debiera ser la naturaleza, por tanto dependiendo del cuestionamiento a que se de respuesta va ser el procedimiento que se lleve a cabo.

1.1.- ¿Son los sentidos quienes interpretan a la naturaleza?: Francis Bacon.

Es importante señalar la carencia de una metodología de investigación explícitamente formulada, además de un arte de la interpretación y un método cuyas reglas se hubiesen puesto por escrito en el estado de conocimiento europeo durante el siglo XVII. Por tanto, el proyecto de subsanar esta carencia fue la ocasión del surgimiento inconfundible de dos nuevos personajes intelectuales dominantes en la Filosofía de la ciencia como son: Bacon y Descartes.

Bacon y Descartes perciben la carencia de una metodología de investigación formulada de manera explícita. Y el método propuesto en el *Discurso del Método* y en *Las Reglas para la Dirección del Espíritu* se corresponde de cerca con el del *Novum Organum*, puesto que para Descartes, no menos que para Bacon, el objetivo era la certeza. Sin embargo para Descartes, la metodología de investigación se formula en un conjunto de reglas que, idealmente, constituye un método infalible cuya aplicación no es mecánica y mucho menos universal, mientras para Bacon la metodología y algo de material con que ella trabaje es todo lo que importa.

Ahora bien, referirnos a Bacon implica reconocerlo como una figura central de la historia de la Filosofía; pero sin duda alguna es crucial para la historia de la ciencia como promotor y propagandista de un nuevo tipo de actividades científicas guiadas por el método científico inductivo, las cuales abrieron buena parte de los siglos XVII y XVIII (Solís, 1988: 15).

Es decir, Bacon subraya la necesidad de una reforma del saber, del cual esperaba una transformación, desde sus bases, promovida merced a un incremento del poder humano. Bacon es el primero de los grandes filósofos de la metodología, luego entonces su doctrina pretende alcanzar el reino del hombre

sobre la Tierra: acrecentar el poder de éste mediante la ciencia (Larroyo, 1991), (Shussheim, 1992:11).

De esta manera, dos grandes ideas configuran el pensamiento de Bacon, una de ellas toca el problema del método científico, la otra tiene que ver con la significación de la metodología dentro de la vida humana. De ahí que ambicionará sistematizar el saber científico y, con ello, la aplicación de éste en una proporción nunca imaginada hasta entonces; consecuencia de este tipo de pensamientos es su obra titulada *Nueva Atlántida*, producto de un viaje imaginario a América, en donde considera la existencia de una "sociedad felizmente organizada", puesto que se hace uso práctico de lo elaborado por la ciencia en el desarrollo de sus actividades diarias (Schussheim, 1992: 66). El interés del presente escrito se inclina más hacia la primera de estas ideas, es decir se pretenden rescatar la forma en como es propuesto y llevado a cabo el método científico inductivo y, de esta manera recuperar la forma en como es concebido el experimento, además de identificar la función que desempeñaba dentro de este marco conceptual, para ello es indispensable extraer los principales argumentos que se manejan sobre este aspecto de dos de sus principales obras: *Instauratio Magna* escrita en el año de 1620, en donde el autor se ocupa de la recolección de los materiales que le permitan la constitución de una nueva filosofía²⁴, además de la doctrina del *Novum Organum* concebida en 1608, la cual puede resumirse como la soberanía de la metodología; no representa una preocupación por ella combinada con un reconocimiento de que el conocimiento metodológico nunca es todo el conocimiento, sino la afirmación de que ella y algo de material con el que trabaje es todo lo que importa, además sus escritos versan sobre el método, es decir, la vía inductiva para reformar la ciencia.

24 A la recolección de datos y materiales que integran el tipo de filosofía propuesta por él le da el nombre de Filosofía activa.

Al igual que Descartes, su principal objetivo era dotar a la ciencia de un nuevo método, sin embargo su propuesta esta inclinada hacia la interpretación de la naturaleza a través de las experiencias obtenidas por los sentidos (Butterfield,1981:116), (Bernal,1997:423); mientras que Descartes pretende llegar al perfeccionamiento del conocimiento llevándolo hasta la concepción matematizada, pero el punto de partida de ambos es la destitución de la concepción aristotélica hasta entonces prevaleciente.

Por tanto, el arte de investigación que Bacon recomienda tiene tres características principales para entender a la naturaleza:

- En Primera instancia es necesaria la redacción de un conjunto de reglas; es decir una metodología verdadera por que puede formularse como un conjunto preciso de instrucciones que pueden aprenderse de memoria.
- Segunda, es un conjunto de reglas cuya aplicación es puramente mecánica, es una metodología verdadera porque no requiere para su uso ningún tipo de conocimiento o inteligencia que no se dé en ella misma²⁵, es decir el vigor y la inteligencia del investigador tiene poco que ver con el asunto; ya que el nuevo método coloca a todos los genios y entendimientos casi al mismo nivel.
- Tercera, es un conjunto de reglas de aplicación universal; es una metodología verdadera porque es un instrumento de investigación indiferente a la materia de investigación.

No obstante, una de las primeras críticas que realiza Bacon es hacia Aristóteles, por lo infructuoso de su método, teniendo en mente la necesidad de empezar de nuevo desde los cimientos, ya que considera que el conocimiento debe comenzar y terminar en la certeza, es decir la ciencia debe ser una llave

²⁵ Bacon es explícito sobre este punto, cuando en el *Novum Organum* menciona que la interpretación de la naturaleza deberá hacerse como si fuera con una maquinaria.

que permita abrir todas las puertas para producir obras en provecho de la vida humana (Larroyo, 1991), (Schussheim, 1992: 92). Bacon consideraba que lo único importante en la vida era aumentar el dominio sobre la naturaleza, con el objeto de mejorar la vida humana (Oriol y Espinosa, 1994: 66), (Larroyo, 1991), por tanto desde su concepción el científico debe buscar la interpretación racional de los datos que la naturaleza le brinda, es decir que desde la nueva lógica experimental la tendencia era hacia el dominio de la naturaleza mediante el obrar (Bacon, 1991: 17). Por lo tanto no puede haber más que dos vías para la investigación y el descubrimiento de la verdad; una que partiendo de la experiencia y de los hechos, se remonta en seguida a los principios generales y mediante esos principios establece leyes. La otra, la nueva, consiste en elevarse progresivamente, por grados, de los hechos a las leyes intermedias y sólo de ahí a los principios generales.

Ahora bien, para comprender lo anterior es necesario analizar más puntualmente el método propuesto por Bacon, pero fundamentalmente se pretende rescatar la función y la forma en que se lleva a cabo el experimento dentro de esta concepción, para ello se realiza el siguiente recorrido.

El paso inicial del método inductivo es el de recolectar las experiencias singulares mediante la atención escrupulosa, es decir Bacon enseña a no fiarse de las percepciones fortuitas, sino practicar la observación metódicamente y completarla por el experimento, previsto y realizado por uno mismo; indica de manera general la tarea por seguir, a la cual falta aún la dirección teórica en la esencia del experimento²⁶ (Bacon, 1991:19).

Sobre esta base, adquiere el experimento una distinta significación, ya no es simplemente una inteligente pregunta dirigida a la naturaleza, sino una

26 Para ejemplo de este aspecto cabe rescatar el dato de que precisamente su muerte es producto de una neumonía, resultado de haberse detenido a recoger gran cantidad de nieve que le permitiera verificar el grado de conservación de la carne sin saber a donde le llevaría este proceso.

intervención prevista, mediante la cual se aíslan las formas elementales del acontecer de la propia naturaleza para someterlas, en donde los sentidos tienen la única función de juzgar al propio experimento dándole una clara dirección utilizable en la investigación natural (Bacon, 1991: 19).

En la propuesta metodológica elaborada por Bacon, se distinguen en párrafos anteriores conceptos claves sobre los que versa sus argumentos, se hace énfasis en el proceso de experimentación como producto del aislamiento de los fenómenos naturales, en donde los sentidos y la observación de forma metódica tienen una importante función, pero no determinante en el propio proceso, ya que la razón es el mediador entre las percepciones de los sentidos y las interpretaciones de la naturaleza²⁷, puesto que el afán del autor es vincular el conocimiento sensible con el conocimiento intelectual (Bacon, 1991: 27).

Hablar de Bacon es considerar a la investigación científica de una forma sumamente metódica, de ahí que, la realización de las observaciones debe ser rigurosa, por tanto se deben utilizar tres tipos de tablas para su registro. Las primeras se les llama tabla de presencia, en donde se registran los hechos manifiestos de las propiedades que son objeto de estudio, las segundas son las tablas de ausencia, se describen los hechos análogos que no presentan las mismas propiedades, es decir se preparan tablas de cuanto no existe en relación a lo estudiado y las tablas comparativas, en donde son anotados todos los casos en donde las propiedades están en mayor o menor proporción, pues de acuerdo con la propuesta de Bacon estas tablas facilitan a la inteligencia el cotejo de los hechos. Después llega la inducción encaminada a descubrir la naturaleza de los hechos (Larroyo , 1991:30).

Además es uno de los primeros en reconocer los prejuicios del científico antes de involucrarse en este tipo de procesos, a los que da el nombre de

27 Considera que en las interpretaciones de la naturaleza debe hacerse un uso perfecto de la razón humana en la investigación de las cosas, lo que permita al intelecto ser elevado y exaltado, capaz de superar las dificultades y oscuridades de la naturaleza (Bacon, 1991: 17).

anticipaciones²⁸, pero es importante señalar que considera al conocimiento y la opinión, como cuestiones separadas absolutamente, ya que no hay ninguna esperanza de obtener jamás el verdadero conocimiento, pues a todo clase de errores que patrocinan la ignorancia de los hombres les da el nombre de ídolos²⁹, a quienes por equívoco se tributa culto en la esfera del saber.

Al describir a cada grupo de ídolos, lo hace de la siguiente manera: Al primero lo llama ídolo de la tribu, tiene su fundamento en la misma naturaleza del hombre, puesto que el entendimiento humano es con respecto a las cosas, como un espejo infiel, que, recibiendo sus rayos, mezcla su propia naturaleza a la de ellos, y de esta suerte los desvía y corrompe (los prejuicios nos acompañan al son de nuestras preferencias vegetativas). Al segundo ídolo, lo llama de la caverna, tiene su fundamento en la naturaleza individual de cada uno, pues todo hombre independientemente de los errores comunes a todo el género humano, lleva en sí cierta caverna en que la luz de la naturaleza se quiebra y es corrompida, (son las ideas erróneas que tiene el individuo acerca de la realidad que le rodea), al tercero, lo llama del mercado o del foro, son los que provienen de la reunión y de la sociedad de los hombres (las palabras son el medio común del entendimiento para poder circular libremente) y al último, lo llama ídolo del teatro, es el conjunto de ideas que han sido transmitidas de generación en generación para formar parte del bagaje mental del ser humano; por tanto, Bacon hace un especial énfasis en que estos son el resultado de un hombre que vive en sociedad (Bacon, 1991:41), (Oriol y Espinosa, 1994: 69), pero que con la propuesta de este autor, intenta hacer a un lado estos prejuicios, de tal forma que los sujetos investigadores aparecen ante el objeto a investigar como semejantes.

28 Los dos caminos sobre los que puede desarrollarse la investigación son las anticipaciones y las interpretaciones, la primera es consecuencia de los productos mentales y la segunda se funda en la experiencia (Bacon, 1991: 28).

29 Designa con el nombre de ídolo o fantasma a la idea falsa que en nuestra mente actúa como un obstáculo para alcanzar el camino de la verdad (Oriol y Espinosa, 1994: 69).

Es en este sentido, como se da el contexto del método de inducción propuesto por Bacon, el cual intenta superar la aparente forma azarosa e irregular bajo la que se produce la experiencia cotidiana, de tal manera que con ello anuncia la nueva era de la investigación metódica, caracterizada por el hecho de que en él el espíritu no está meramente confiado a sí mismo y se ve obligado a ir ascendiendo desde lo particular hacia lo general, con el fin de ir adquiriendo una experiencia ordenada y capaz de evitar cualquier precipitación.

Conviene recordar, a manera de conclusión, que en Bacon el término de experimento no se refiere sólo a la organización metodológica del investigador naturalista que aduce artificialmente y hace medibles determinados procesos bajo condiciones de aislamiento, sino más bien el experimento es la habilidad en la dirección de nuestro espíritu para acceder al conocimiento de manera gradual. Pero la verdadera aportación de Bacon consiste en una investigación abarcante de los prejuicios que ocupan al espíritu humano y lo mantienen separado del verdadero conocimiento de las cosas, en este sentido su importancia radica en hacer posible un empleo metódico de la razón, de ahí que considera al conocimiento como fruto de la experiencia.

1.2.- El experimento y la observación desde el laboratorio: Boyle y Newton.

En el primer apartado de este capítulo se considera que es precisamente la parte instrumental, una de las principales condiciones que permitieron la divulgación y el desarrollo de esta concepción. Y son precisamente estos dos autores: Boyle y Newton, quienes hacen especial uso de ellos para la realización de sus observaciones y experimentos en el laboratorio, pero a pesar de que ambos personajes son consecuencia del contexto científico que en este momento se está gestando, existen diferencias muy marcadas con respecto a las propuestas y escritos de cada uno de ellos, con respecto al proceso en que se desarrolla el experimento, que es lo que interesa rescatar en este escrito.

Bacon, como en párrafos anteriores se describe, es una figura crucial para el desarrollo de la historia de la ciencia, pues es quien difunde un nuevo tipo de actividades científicas, es quien propone conducir metódicamente a la razón, gran parte de lo que él promueve lo lleva a cabo Boyle de manera más cabal y cumplida, aunque existen muchas críticas con respecto a la actividad científica realizada por éste personaje (Boyle, 1988: 15).

Una de esas críticas versa sobre la carencia de una teoría que fundamente los experimentos que realiza, sin embargo lo único que pretendía Boyle era ver qué pasaba, pues la idea sólo era el coleccionar un buen número de experiencias relativas³⁰ a un dominio de la naturaleza, después alguien formulará explicaciones e interpretaciones sobre ellas. Luego entonces, para Boyle no tiene gran importancia la rama de la ciencia en que se encuentre ubicado el experimento que realiza, pues él también carece de una línea de la ciencia en la que realice sus experimentos, más bien lo que intenta es realizar el mayor número de estos, sin importar su ubicación en la ciencia, aspecto que también es muy criticado por Huygens y Leibniz, quienes consideran que muy a pesar del gran número de experiencias obtenidas por Boyle, este no haya llegado a la formulación de alguna teoría, por ello consideran que no era capaz de una aplicación lo bastante grande como para sacar las consecuencias debidas (Solís : 1988: 10,11).

De tal forma los experimentos, para Boyle, suelen ser claros y detallados, de modo que no resulta difícil repetirlos y no cabe duda alguna acerca de su efectiva realización, es decir aquella acción que sea capaz de sugerir una experiencia, pero la carencia de una teoría que les de sentido los hace incapaces de establecer un nexo firme con los fenómenos para predecir o prohibir situaciones específicas, por tanto los experimentos constituyen actividades de

30 Es decir lo que pretende Boyle es la acumulación de un gran número de historias naturales, retomando esta categoría propuesta por Bacon, en donde únicamente se describe lo ocurrido en el fenómeno, para ello, Bacon utiliza las tablas de las que se hace mención en el apartado dedicado a este autor.

exploración de la naturaleza (Boyle, 1988: 23). De ahí la irritación de Boyle con Pascal, un matemático de tradición clásica, al ver sus tratados sobre el equilibrio de los líquidos y sobre el peso del aire, en el dibujo donde un ciudadano negligentemente recostado en una roca de las profundidades de un estanque “sostiene en el muslo un tubo de vidrio de veinte pies”. Boyle acepta las conclusiones teóricas de Pascal, concordantes con los principios de la Hidrostática, pero protesta por las pruebas experimentales ofrecidas que, aun aceptables para un matemático, ofenden la sensibilidad de un instrumentalista baconiano, de ahí que elabora los siguientes argumentos. Primero, porque aunque los experimentos que menciona se exponen del modo acostumbrado, al hablar de cuestiones de hecho, además de que no expresa haberlos realizado efectivamente, por lo que puede ocurrir que los haya planteado como algo que ha de ocurrir, basándose en la justa confianza de no errar en sus raciocinios. En segundo lugar, haya hecho o no personalmente esos experimentos el señor Pascal, no parece haber tenido un gran deseo de que otros los hagan siguiéndolo a él, pues supone que los fenómenos sobre los que se basa se producen 15 ó 20 pies bajo el agua; exigiendo uno de ellos que un hombre se siente allí con el extremo de un tubo apoyado contra el muslo. En tercer lugar, estos experimentos no solo precisan tubos de 20 pies de largo y un gran recipiente de al menos esos pies de profundidad, cosa nada fácil de conseguir, sino que además precisan cilindros de bronce o espitas fabricadas con precisión que, aunque sea fácil suponer para un matemático, difícilmente se podrá obtener de un comerciante (Boyle, 1988: 24).

Esta claro que para un matemático como Pascal, lo importante es la teoría, la extensión de la hidrostática a la neumática, sirviendo los experimentos para indicar los puntos de anclaje; por el contrario, para un baconiano como Boyle, los hechos son sagrados y no se puede jugar con ellos, pues debe describirse fiel y exactamente para que todo mundo pueda repetirlos. Las teorías vienen después.

Newton, que también se considera en este apartado, tiene ciertas diferencias muy marcadas con Boyle, pues él es más ampliamente reconocido en la concepción matematizada, pero este hecho no impide que se le ubique en la concepción instrumentalista, producto de estos argumentos es su obra titulada: *Optica*, donde se ilustra la perfección y el ascenso de la Filosofía de Newton. Aquí se da un movimiento que va desde las propiedades observables de los cuerpos a las leyes generales de su comportamiento y de ahí a la trama de la naturaleza, además menciona: mi propósito en este libro no es explicar las propiedades de la luz mediante puros razonamientos, si no apelando a la experimentación, de esta manera la *Optica* representa una obra experimental en proceso de construcción (Newton, 1977: 31).

Es decir Newton en su *Optica*, obra representativa de esta concepción, lanza una propuesta donde la experimentación sea utilizada metodológicamente para el establecimiento de una teoría en una ciencia experimental, es decir en donde lo nuevo es el engranaje perfecto entre teoría y experimentación, por tanto el uso de experimentos debe ser diseñado para suministrar una argumentación orientada a crear una teoría general.

En este contexto Newton inaugura un nuevo método científico consistente en planear los experimentos en función de la demostración de una teoría, sujetándolos a las exigencias de una estructura argumental lógicamente trabada (Newton, 1977: 31), lo que permite identificar a la *Optica* como el texto que inicia una evolución en las ciencias baconianas en torno a los fenómenos químicos, eléctricos y magnéticos.

En cuanto al estudio de los fenómenos de este tipo, en la *Optica*, Newton para abordar las tesis lo hace de la siguiente forma:

Existe un experimento capaz de mostrar que la diferente refrangibilidad de los rayos es la verdadera causa de la imperfección de los telescopios. El error de

los rayos derivado de la forma esférica de los objetivos es como el cubo de sus aperturas, por lo que para hacer que los telescopios de distintas longitudes aumenten con igual nitidez, las aperturas de los objetivos y su poder de aumento han de ser como los cubos de las raíces cuadradas de sus longitudes aumenten con igual nitidez, las aperturas de los objetivos y su poder de aumento han de ser como los cubos de las raíces cuadradas de sus longitudes, cosa que no está de acuerdo con la experiencia. Sin embargo, los errores debido a la diferente refrangibilidad de los rayos son como la apertura de los objetivos; y, por eso, para hacer que telescopios de diversas longitudes aumenten con igual claridad, sus aperturas y poder de aumento han de ser como las raíces cuadradas de sus longitudes, lo que concuerda con la experiencia, como es bien sabido. Por ejemplo, un telescopio de 64 pies, con una apertura de $2 \frac{2}{3}$ de pulgada, aumenta unas 120 veces con la misma nitidez que uno de un pie, $\frac{1}{3}$ de pulgada de apertura y un aumento de 15 veces (Newton, 1977: 93).

Ahora bien, si no fuese por esa diferente refrangibilidad de los rayos, los telescopios podrían llevarse a un grado de perfección superior al descrito, mediante un objetivo formado por dos cristales llenos de agua.

Esto le permite a Newton concluir que el método más seguro de filosofar parece ser el de examinar diligentemente primero las propiedades de las cosas, demostrándolas después con experimentos, para proceder luego más lentamente a las hipótesis que las expliquen. Esto es así porque las hipótesis deberían servir tan solo para explicar las propiedades de las cosas y no deberían aceptarse para determinarlas, excepto en la medida en que puedan suministrar experimentos (Newton, 1977: 49).

De esta manera, Newton propone en esta concepción, subsanar la carencia de una teoría, es decir su propuesta esta encaminada a considerar indispensable el nexo entre experimento y teoría que lo respalde, es decir que la unión de ambos sea un engranaje perfecto. El mismo Newton considera está

situación al escribir en la *Optica* el siguiente apartado: En este libro no pretendo explicar mediante hipótesis las propiedades de la luz, sino presentarlas y probarlas mediante la razón y los experimentos, haciendo alusión en estos dos aspectos importantes, como son, el experimento y la teoría que le antecede a éste, por tanto se considera a Newton como partidario de ésta concepción, pero con una propuesta más completa, diferente a la de los demás representantes, pero implicada en este contexto.

1.3.- ¿Sólo se puede llegar al conocimiento a través de la explicación de causa y efecto?: David Hume.

En 1737 David Hume publica su *Tratado sobre la Naturaleza Humana* en tres tomos, de los cuales solo nos limitaremos a abordar el primero de ello, ya que nuestro interés radica en recuperar la forma como se concibe al experimento de acuerdo a la propuesta elaborada por el autor, en donde intenta probar que la razón y los juicios racionales son tan solo asociaciones habituales con diferentes sensaciones o experiencias, es decir la razón nunca podrá mostrarnos la conexión entre un objeto y otro si no es ayudada por la experiencia y la observación en situaciones pasadas.

Hume supo elegir el asunto que, dentro de su vasta obra, quizá haya tenido mayor proyección en la historia de la Filosofía. El tema de la causalidad, tal y como Hume lo entiende, viene a dar en la conclusión de que sólo por experiencia podemos inferir la existencia de un objeto partiendo de la de otro, por tanto a partir de su propuesta propone modificar los fundamentos de la ciencia.

Ahora bien, para poder comprender la propuesta de Hume, es necesario hacer algunas consideraciones con respecto a ella, luego entonces para él, todas las percepciones³¹ de la mente humana se reducen a dos géneros distintos que

31 Hume llama percepción a todo aquello que pueda estar presente en el espíritu, ya sea que empleemos nuestros sentidos, o estemos movidos por la pasión o ejercitemos nuestro pensamiento y reflexión. (Mellizo, 1973: 31).

llamó **impresiones e ideas** (Hume, 1992: 11), las **impresiones** están directamente relacionadas con los sentidos, es decir son aquellas percepciones que penetran con mayor fuerza y de manera violenta sobre las cosas presentes; sin embargo las **ideas** están relacionadas totalmente con el pensar y el razonar, están presentes cuando reflexionamos sobre una pasión o un objeto, donde las unas parecen ser reflejo de las otras, así que todas las percepciones del espíritu humano son doble y aparecen a la vez como impresiones e ideas. Las ideas y las impresiones parecen siempre corresponderse las unas a las otras³², es decir que toda idea simple posee una impresión simple que se le asemeja y toda impresión simple, una idea correspondiente.

En consecuencia nuestras ideas son imágenes de nuestras impresiones, podemos formar ideas secundarias que son imágenes de las primarias, como se ve por el razonamiento que hacemos acerca de ellas, es decir las ideas producen imágenes de sí mismas en nuevas ideas; pero como se supone que las primeras ideas se derivan de impresiones, sigue siendo cierto que todas nuestras ideas simples proceden mediata o inmediatamente de sus impresiones correspondientes (Hume, 1992: 18), tal como parece afirmarlo, las impresiones siempre deben anteceder a las ideas, de otra manera pueden ser consideradas como producto de la fantasía o la imaginación.

Resulta evidente, que cuando una impresión ha estado una vez presente en el espíritu, hace de nuevo su aparición en él como una idea, y que esto puede suceder de dos modos diferentes: cuando en su nueva aparición conserva su parte esencial y es así algo intermedio entre una impresión y una idea y cuando pierde enteramente esta característica y es una idea por completo, es producto de la imaginación, ya que esta no se encuentra obligada a seguir el mismo orden; mientras que de la primera forma es producto de la memoria,

32 En este caso Hume hace alusión a un ejemplo propio. menciona: cuando cierro mis ojos y pienso en mi cuarto las ideas que yo formo son representaciones exactas de impresiones que yo he sentido, y no existe ninguna circunstancia en las que las unas no se halle en las otras. (Hume, 1992: 13).

considerando que la función principal de la memoria es conservar el orden y posición de las ideas simples, para luego convertirlas en complejas.

Resulta entonces evidente que todos los razonamientos que se refieren a las ideas están fundados en la relación de causa y efecto, y que nunca podemos inferir la existencia de un objeto de la de otro, a menos que estén conectados mediata o inmediatamente³³ (Mellizo, 1973: 33).

A partir de esto, se considera que todos los razonamientos referentes a la causa y el efecto están fundados en la experiencia; y que todos los razonamientos de experiencia están fundados en la suposición de que el curso de la naturaleza continuará uniformemente igual. Concluimos que causas semejantes, en semejantes circunstancias, producirán efectos semejantes (Hume, 1992: 96). Por tanto, en este apartado se ponen en juego cuatro conceptos fundamentales, donde a toda causa corresponde un efecto, conectados ambos por la experiencia a través de la cual se esta suponiendo una uniformidad de la naturaleza. Así pues, no es la razón la guía de la vida humana, sino la costumbre. Sólo ella hace que la mente, en todos los casos suponga que el futuro ha de ser conforme al pasado y si algo necesita ser probado, sólo admitirá aquella prueba que provenga de la experiencia.

Es de ahí que se concluye que después de haber experimentado una serie de efectos, es únicamente la costumbre, y no la razón, la que nos determina ha establecer la norma de nuestros futuros juicios. Es decir cuando se presenta la causa, la mente fundada en el hábito pasa inmediatamente a la concepción y

33 Un ejemplo que se recupera del autor sobre esta afirmación es el siguiente: "He aquí una bola de billar sobre el tapete, y otra bola moviéndose hacia ella con rapidez. Las dos chocan y la bola que en un principio permanecía en reposo, adquiere ahora movimiento. Es éste un ejemplo de la relación de causa y efecto, tan perfecto como cualquier otro que conozcamos por medio de la sensación o de la reflexión, es evidente que las dos bolas se pusieron en contacto antes de que el movimiento fuera comunicado, y que no hubo intervalo entre el choque y el movimiento. La contigüidad en el tiempo y en el espacio es, por tanto, una circunstancia requerida para la operación de todas las causas. Es evidente, del mismo modo, que el movimiento que fue la causa es anterior al movimiento que fue el efecto. (Mellizo, 1973: 34).

creencia del efecto usual, en consecuencia al pensar en el experimento, se hace énfasis en él como una mera acción de repetición, en donde el efecto esta determinado por la experiencia; pero además en donde los sentidos juegan un papel muy importante, ya que son quienes van a dar cuenta de las impresiones que antecedan a las ideas, es decir forman parte esencial de la observación.

Conclusiones:

De acuerdo a lo antes escrito puede considerarse que la principal diferencia, pero a la vez se convirtió en un objetivo compartido de ambas concepciones; tanto de la concepción matematizada y luego entonces de la concepción instrumentalista, en primera instancia es la búsqueda de un método propio de la ciencia, pero así como existió un lazo de unión también hubo uno de ruptura, está radica en el método de validación propuesto por cada una de ellas; mientras para la matematizada el experimento era utilizado como forma de mostrar las teorías elaboradas, para la instrumentalista lo único que importaba era el realizar un gran número de experimentos, no considerando el porque o el para que de ellas.

De manera general, se considera en ambas concepciones al experimento como parte esencial de la ciencia; pero también es bien cierto que ellas lo realizan de forma propia, además de que en cada una tiene una función diferente, luego entonces en la concepción instrumentalista su función esta ligada a la construcción de laboratorios integrados por gran cantidad de instrumentos y aparatos elaborados por los artesanos de esta época, los cuales jugaron un papel esencial en la concepción de ciencia prevaleciente en este capítulo.

Como se menciona en el desarrollo de los anteriores capítulos, existen conceptos íntimamente ligados al de experimento, como la experiencia, que para ambas concepciones resulta ser diferente la forma de identificar esta situación,

específicamente para la instrumentalista es resultado de las experiencias obtenidas en nuestro contacto diario con la naturaleza, es decir todo aquello que nuestros sentidos identifican en el exterior. A partir de esta perspectiva cada uno de los autores abordados en esta concepción la considera como una parte medular del trabajo que realiza, recordando que su principal objetivo es uniformar a la naturaleza a través del manejo de un método de tipo inductivo. Bacon, representante de esta concepción, señala la importancia de llevar un registro minucioso de los datos obtenidos de los experimentos en lo que el denomina tablas (existen diferentes tipos de estas), en este procedimiento, los sentidos son guiados por la razón, de modo que cualquier gente puede realizar este tipo de actividades, siempre y cuando aplique el método de la manera en como se indica, entonces el llevarlas a cabo implica el reconocimiento de los prejuicios e ideas falsas quienes obstaculizan alcanzar la verdad. Mientras tanto para Boyle, discípulo de Bacon, lo que más le interesa es la realización de experimentos no importando cual sea el campo específico de su estudio, pero lo realmente importante para él es la adquisición de materiales e instrumentos que le permitan realizar sus experimentos y de esta forma poder acumular la mayor cantidad de historias naturales.

Newton, es quien elabora una propuesta diferente, pero congruente a la vez con esta concepción, dicha propuesta radica en la articulación entre la teoría y el experimento, sin hacer a un lado la forma sistemática del experimento, muestra de esto es su obra *Optica*. Pero, definitivamente Hume, elimina esa posibilidad que presenta Newton al pretender darle un giro radical a esta propuesta, ya que David Hume, considera a la observación y la experiencia aspectos importantes, quienes le restan importancia a la razón, desde esta perspectiva el experimento viene a ser una constante entre causa y efecto, mediado por la experiencia en donde la razón únicamente es un auxiliar de ella, pues los sentidos son quienes dan cuenta del mundo exterior a través de la percepción.

El conocimiento científico es conocimiento probado. Las teorías científicas se derivan, de algún modo riguroso, de los hechos de la experiencia adquiridos mediante la experimentación. La ciencia se basa en lo que podemos ver, oír, tocar, etc. Las opiniones y preferencias personales y las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia, aunque pueden formar parte de nuestras experiencias de vida. La ciencia es objetiva. El conocimiento científico es el conocimiento fiable porque es conocimiento objetivamente probado. Estos enunciados resumen las características principales de la concepción instrumentalista, adoptando en ella un carácter inductivo donde está permitido generalizar la información extraída de un experimento si, el número de enunciados observacionales que constituyen la base de éste es grande, además si se repiten constantemente las observaciones en condiciones semejantes, pero un enunciado observacional aceptado nunca puede entrar en contradicción con una ley universal establecida, a riesgo de provocar una refutación de ella.

También, es resultado de esta forma de pensamiento, la existencia de dos tipos de experimento, uno en donde se imita lo visto en la naturaleza, y otro donde se aísla a los fenómenos para poder determinar sus propiedades. Estos argumentos, permiten elaborar un sin número de cuestiones al respecto de sus planteamientos, como ¿Hasta donde los sentidos pueden dar cuenta de lo observado en el mundo exterior?, si realmente se da a la ciencia un método propio para ella, ¿Este puede probar realmente si las teorías científicas son verdaderas?, ¿Existe aún ese método científico del que se habla?, ¿Si aún existe este método en la ciencia, como es entendido?, estas últimas preguntas son quienes dan pauta a la elaboración del tercer capítulo.

CAPITULO III

EL EXPERIMENTO: ¿ES UN ASPECTO RETORICO DEL METODO CIENTÍFICO?.

0.- Introducción.

En los dos capítulos anteriores se desarrollaron las dos principales concepciones sobre el concepto de experimento: la matematizada y la instrumentalista, las cuales versan sobre dos formas muy particulares de concebir a la ciencia, claro es que dentro de estas concepciones se rescata al experimento como parte esencial del presente trabajo. Ambas tienen una característica en común: la búsqueda de un método propio para la ciencia; a partir de este propósito Descartes, representante de la concepción matematizada considera como apropiado el método deductivo (sólo hace alusión de este método como propuesta, por tanto no lo considera como algo rígido y universal), en donde el factor número uno es la razón y en él el experimento es considerado únicamente como un auxiliar del pensamiento, es decir se utiliza para mostrar las teorías que se elaboran y no para comprobarlas. A diferencia de Descartes, la propuesta de Bacon, representante de la concepción instrumentalista, resulta estar más anclada en el mundo exterior: la naturaleza y el significado de la ciencia en la vida humana. La propuesta de Bacon se inclina hacia el método inductivo, el cual puede ser aplicado de manera mecánica, su interés principal radica en la realización de experimentos no importando la elaboración de teorías derivadas de ellos, en consecuencia estas últimas pueden no existir, siempre y cuando existan experimentos que cualquier persona pueda repetir.

El propósito esencial de ambas concepciones, era el de dotar a la ciencia de un método, cada una lo hizo a su manera, por tanto a partir del siglo XVII se hace énfasis en que los grandes logros y progresos de ambas se deben a la

existencia del método científico, quien a través de la puesta en práctica de las reglas que lo constituyen ofrece un control riguroso de la calidad de las hipótesis y teorías. De ahí que la tarea central de la filosofía de la ciencia se haya concebido como la de formular con precisión las reglas del método científico que garanticen la correcta práctica científica y el auténtico conocimiento. En otras palabras, el objetivo era codificar las reglas metodológicas que encerraban el núcleo de la racionalidad científica.

Esta idea general sobre el método científico, común a las dos concepciones, resultará severamente cuestionada en este capítulo por una serie de situaciones que responden al interés por reflexionar sobre las siguientes interrogantes: ¿realmente es importante la existencia del método científico?, ¿cuál es la función del método científico en la ciencia?, ¿cuál es la relación que éste guarda con la realización de los experimentos en los laboratorios?, estas y algunas otras preguntas serán motivo de discusión en este tercer capítulo.

Ahora bien, de acuerdo al panorama antes descrito, el presente capítulo se organiza en tres apartados, el primero de ellos lleva como título: ¿Existe realmente el método científico?, en él se discute sobre la importancia y función del método científico en la ciencia, en el segundo apartado se hace énfasis en las propuestas elaboradas en el siglo XX por dos filósofos de la ciencia, Kuhn y Popper, la cual lleva por título: una lectura diferente del experimento a raíz de la nueva filosofía de la ciencia; y a la luz de las propuestas de estos dos autores en el tercer apartado se discute sobre la forma en como debe ser interpretado el experimento (parte esencial de este trabajo), de acuerdo a su contexto historicista con Kuhn o visto desde su estructura lógica con Popper, además también se hace énfasis en las principales diferencias entre ambos, pero también en los puntos en los cuales existen semejanzas, sin intentar abordar el tema de la inconmensurabilidad, por tanto lleva como título: una reflexión a propósito de Kuhn y Popper a manera de conclusión del capítulo

1.- ¿Existe realmente el método científico?

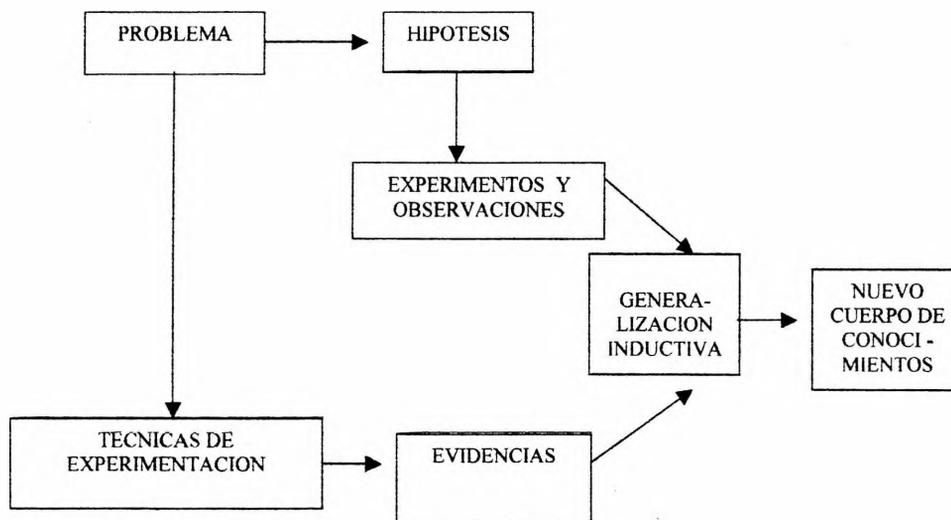
El título que da origen a este apartado, pareciera ser que carece de sentido, pues en múltiples ocasiones se establece una clara diferencia entre la investigación científica y la investigación social, por la existencia del método científico, éste es interpretado como aquella característica que dota a la ciencia de universalidad, además de rigurosidad, objetividad, claridad, precisión, verdad, entre otros muchos más adjetivos, que son quienes dotan a las leyes y teorías de cierta calidad que las hace diferentes; pero ¿es realmente importante la existencia de un método científico?; entendido este como un conjunto de reglas ciertas y mecánicas que nos conduzca a enunciar verdades de gran generalidad en este tipo de investigación.

Para algunos autores no es motivo de discusión esta interrogante, sino más bien pareciera ser que su respuesta es afirmativa sin titubeo alguno, como es el caso de Mario Bunge, quien en sus principales publicaciones: *La Ciencia, su método y su filosofía* y *La investigación científica, su estrategia y su filosofía* da muestra de la gran importancia que tiene, desde su perspectiva, el método científico en este tipo de investigación, asimismo considera que lo distintivo de toda ciencia tiene que ser la forma, es decir, el procedimiento y el objetivo; es por ello que la peculiaridad de la ciencia tiene que consistir en el modo como opera para alcanzar algún objetivo determinado, o sea, el método científico y en la finalidad para la cual se aplica dicho método en la ciencia (Bunge, 1976: 22); por tanto desde esta postura se considera al método científico como una lista de recetas para dar con la respuesta correcta a los problemas o preguntas científicas, donde el estudio del método científico es la teoría de la investigación, y los procedimientos integrantes de este método se encuentran formulados de manera descriptiva, como se señala en el siguiente esquema.

1.- Formular el problema con precisión y específicamente.

- 2.- Arbitrar conjeturas fundadas y contrastables con el experimento, para contestar a las preguntas.
- 3.- Derivar consecuencias lógicas de las conjeturas.
- 4.- Arbitrar metodologías para someter las conjeturas a contrastación.
- 5.- Someter a su vez a contrastación esas metodologías para comprobar su relevancia y la fe que merecen.
- 6.- Llevar a cabo la contrastación e interpretar sus resultados.
- 7.- Estimar la pretensión de verdad de las conjeturas y la fidelidad de las metodologías.
- 8.- Determinar los dominios en los cuales valen las conjeturas y las metodologías, y formular los nuevos problemas ocasionados por la investigación.

Este ciclo se representa esquemáticamente de la siguiente forma:



Como se puede identificar en el esquema anterior la concepción que prevalece sobre el método científico es de manera cíclica, además las reglas que

forman parte de él se consideran como mecánicas y universales, es decir se considera la existencia de éste como un rasgo característico de la ciencia, además a esta también se le adjudica el adjetivo de universal, ya que el mismo Bunge en el texto de *La Investigación Científica, su estrategia y su filosofía* afirma: no hay nada tan universal como la ciencia.

Ahora bien, si al método científico se le considera como universal y mecánico, luego entonces al experimento (parte esencial de este trabajo) solo se le considera como una forma de control sobre la naturaleza de acuerdo a los modelos anteriormente establecidos en las teorías de las cuales se derivan, por tanto son verificados a través de la observación y de la medición, de ahí que el experimento es entendido como aquella experiencia científica en la cual se provoca deliberadamente algún cambio y se observa e interpreta su resultado con alguna finalidad cognoscitiva, además se considera como una característica importante para que se lleve a cabo el aislamiento de las situaciones manejadas en el momento (Bunge, 1981: 819).

Hasta hace aproximadamente cuatro décadas, toda esta pequeña descripción que se hace sobre el método científico de tipo positivista era la prevaleciente en la filosofía de la ciencia, sin embargo a partir de la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*³⁴, elaborada por Tomas Kuhn, a finales de los sesenta, se empiezan a dar una serie de cuestionamientos y polémicas sobre el método y la definición de ciencia que conlleva.

Hacer mención, acerca de las diferentes situaciones que provoco la publicación de *La estructura de las revoluciones científicas*, no implica el inicio de la discusión sobre la existencia de un método propio para la ciencia, pues como se deja ver en los dos capítulos anteriores, el objetivo propio de cada una de las concepciones experimentales, la matematizada y la instrumentalista, era el

³⁴ Más adelante en este capítulo se elabora un apartado en donde se discute de manera esencial el contenido de esta obra y algunas otras más elaboradas por Kuhn.

dotar a la ciencia de un método, luego entonces, de acuerdo a su propia postura y concepción de la ciencia ambas formulan su propuesta de manera diferente³⁵.

El método científico tiene su historia. Bacon y Descartes, fueron unos de los primeros quienes intentaron articular lo que es el método de la ciencia moderna. A principios del siglo XVII, el primero de ellos propuso que la finalidad de la ciencia es la mejora de la suerte del hombre en la Tierra y, según él esa finalidad se lograría recogiendo hechos a través de la observación organizada y derivando de ellos teorías. Desde entonces unos han modificado y mejorado la teoría de Bacon y otros se han opuesto a ella de manera radical. Una explicación y un enfoque histórico de la evolución de la filosofía de la ciencia supondría un estudio muy interesante; sin embargo lo importante para el desarrollo del presente trabajo es rescatar la forma en como han sido vinculadas las teorías prevalecientes en la Física con los métodos utilizados y a partir de esta relación nos permita dejar ver cual es la concepción de experimento llevada a cabo en cada una de estas tendencias.

Ahora bien, es importante señalar la divergencia existente entre las diferentes concepciones sobre si hay un método universal "único" en la ciencia³⁶; para tal efecto se agrupan a los distintos autores en cuatro grupos³⁷ diferentes, en donde se hace énfasis en sus principales aspectos que abordan cada uno de ellos, de acuerdo a su concepción de ciencia, como a continuación se describe:

- 1) La primera de ellas es la **matematizada**³⁸ en donde el conocimiento científico se adquiere por medio de la captura mental de una serie de

³⁵ La propuesta metodológica de Descartes y Bacon aparece más puntualmente en el capítulo I y II respectivamente.

³⁶ Entendiendo por método la suma de principios teóricos, de las reglas de conducta y de las operaciones mentales y manuales que usan los hombres de ciencia para generar nuevos conocimientos científicos (Pérez:1998: 253).

³⁷ Esta clasificación no resulta ser la única, ni la más importante, sino más bien es el resultado de la percepción de quien escribe estos párrafos auxiliada por la bibliografía que se presenta al final de la obra y de cada uno de los capítulos.

³⁸ La que se desarrolla más puntualmente en el primer capítulo de este trabajo.

principios generales estructurados u organizados por la razón, a partir de los cuales se deducen sus instancias particulares, que pueden o no ser mostradas objetivamente. Estos principios generales pueden provenir de Dios o bien poseer una existencia ideal (experimento imaginario, utilizado por Galileo). Entre los pensadores que han militado en este grupo se encuentra como principal representante a Descartes, además de Galileo, Giordano Bruno, Kepler, el mismo Newton y la mayor parte de los denominados racionalistas, seguidores de esta concepción. En esta tendencia es importante destacar que su principal propuesta metodológica, elaborada por Descartes, no tenía como fin último establecer un método rígido en la ciencia, sino como él mismo lo dijo en el *Discurso del Método*, éste es únicamente un modelo que puede servir a los demás para elaborar sus propias conjeturas (Pérez; 1998: 253).

2) La concepción denominada **Instrumentalista**³⁹ considera que la ciencia se inicia con las observaciones individuales, a partir de las cuales se plantean generalizaciones, cuyo contenido rebasa el de los hechos inicialmente observados. Las generalizaciones permiten hacer predicciones cuya confirmación las refuerza y cuyo fracaso las debilita y puede obligar a modificarlas o rechazarlas. Esta concepción adopta la existencia de una realidad externa y postula la capacidad del hombre para percibirla a través de sus sentidos y entenderla por medio de su inteligencia; para muchos partidarios de esta tendencia, también nos permite explotarla en nuestro beneficio. Pertenecen a este grupo Francis Bacon, principal representante, Hume, Robert Boyle, Newton. En cuanto a su propuesta metodológica es importante señalar que en esta concepción se habla de unificar a la naturaleza a través de la implantación de un método que permita a toda persona acceder a este tipo de conocimiento, denominado científico, por medio de la observación rigurosa de los fenómenos, lo que le da pauta a elaborar

³⁹ Se desarrolla más puntualmente en el Segundo capítulo del presente trabajo.

conclusiones sobre estos, sean o no científicos especialistas en el campo de estudio (Pérez; 1998: 253).

- 3) La concepción de **racionalismo crítico**, en este grupo cabe mencionar ha todos los científicos y filósofos de la ciencia que han postulado la participación inicial de elementos teóricos o hipótesis en la investigación científica, que anteceden y determinan a las observaciones y experimentos. De acuerdo con este grupo, la ciencia se inicia con conceptos no derivados de la experiencia del mundo que está "ahí fuera" sino postulados en forma de hipótesis por el investigador, por medio de su intuición. Además de generar tales conjeturas posibles sobre la realidad, el científico las pone a prueba, o sea que las confronta con la naturaleza por medio de observaciones y/ o experimentos. En esta tendencia, en el método científico la inducción no desempeña ningún papel; de hecho es evitada conscientemente por muchos de los miembros de este grupo. Aquí se encuentran dos de los filósofos contemporáneos quienes serán motivo de discusión en este capítulo, como lo es Popper y Kuhn.

- 4) La concepción **anarquista**, afirma que no hay método. Dentro de este grupo de pensadores que niegan la existencia de un método científico podemos distinguir dos tendencias: por un lado, están los que afirman que el estudio histórico nunca ha revelado un grupo de reglas teóricas o prácticas seguidas por la mayoría de los investigadores en sus trabajos, sino todo lo contrario; por el otro lado, se encuentran los que señalan que si bien en el pasado pudo existir un método científico, su ausencia actual se debe al crecimiento progresivo y a la variedad de las ciencias, lo que ha determinado que hoy existan no uno sino muchos métodos científicos. El mejor y más sobresaliente miembro de la primera tendencia es Feyerabend, discípulo de Popper, quien es reconocido a través de su muy famosa frase "Todo se vale"; además

Rosenblueth, quien afirma que no hay un método científico, concebido como una receta, que aplicada a cualquier problema, garantice su solución, puesto que la mayor parte de los investigadores trabajan de acuerdo con ciertas reglas generales que a través de la experiencia han demostrado ser útiles y a la descripción de estas reglas es lo que se conoce como método científico (Pérez, 1992: 28); mientras que en el segundo grupo se encuentra generalmente conformada por algunos biólogos teóricos y algunos racionalistas contemporáneos, como I. Lakatos.

De acuerdo a lo descrito puede deducirse que el método en la ciencia es, por contraste, una abstracción, es por ello que existe el peligro de considerarlo como una especie de patrón ideal, como si hubiera un camino preciso para encontrar la verdad sobre la naturaleza o el hombre y la única tarea del científico fuese la de detallar este camino y mantenerse en él, por tanto el método en la ciencia no es un camino fijo, sino un proceso de desarrollo, pues el método científico al igual que la ciencia misma, esta formado por varias operaciones, unas mentales y otras manuales, que se han descubierto en el pasado para llevar a la formulación, al descubrimiento, a la prueba y a la utilización de soluciones, a los problemas generales que se plantean pertinentemente y que pueden ser resueltos en una etapa determinada del desarrollo social; resulta importante destacar que en la mayoría de las ocasiones los científicos descubren primero las cosas y sólo después, de un modo más bien ineficaz meditan acerca de la manera como llegaron a ellas, de ahí que la metodología científica sea capaz de dar indicaciones y suministrar medios para evitar los errores, pero no puede suplantar a la creación original de cada uno de los científicos.

A manera de conclusión de este apartado, se considera que un método científico existe, pero no es adoptado como aquel conjunto de

reglas que se deben seguir de manera rigurosa e incuestionable, en donde prevalece la concepción de método como canon a seguir si se quiere elaborar ciencia; más bien la concepción de método científico resultado de este desarrollo de ideas son aquellas normas que van a permitir llevar a cabo una investigación científica, no de manera algorítmica.

A partir de todo lo antes descrito, ahora resulta importante cuestionarse sobre diversas situaciones como las siguientes: si no existe un solo método como guía de los procedimientos en la ciencia, entonces ¿puede el experimento liberarse de ser un recurso retórico del método científico, si este no es considerado como un canon universal de validez?, a raíz de este cuestionamiento ahora ¿cómo puede ser entendido el experimento?, ¿es qué puede considerarse a éste como algo más allá de una situación de control hacia la naturaleza? Luego entonces, ¿quiere decir que de acuerdo a la concepción de ciencia va a ser la concepción prevaleciente sobre experimento?, motivo de discusión serán estas interrogantes en el siguiente apartado.

2.- Una lectura diferente del experimento a raíz de la nueva filosofía de la ciencia: entre Kuhn y Popper.

Una de las principales razones de que en el siglo XX se haya desarrollado una disciplina filosófica específica, la filosofía de la ciencia, la encontramos en el supuesto de que la ciencia se distingue del resto de actividades culturales por haber adquirido un método especial, "el método científico", el cual constituye un modo privilegiado de conocer el mundo. Como se mencionó anteriormente, hasta los años cincuenta, los filósofos de la ciencia compartieron la idea de que los sorprendentes logros científicos se alcanzaban gracias a la aplicación de un poderoso conjunto de principios y reglas, tanto de razonamiento como de procedimiento, el cual permitía evaluar objetivamente las hipótesis y teorías que se proponen como científicas. Se pensaba que el método constituido por dichas reglas ofrecía, un riguroso control de calidad de las hipótesis y teorías, junto con

su éxito, que permitía decidir a los científicos con total acuerdo sobre su aceptación o rechazo. De aquí que la tarea central de la filosofía de la ciencia se haya concebido como la de formular con precisión las reglas del método científico, que garantizaba la correcta práctica científica y el auténtico conocimiento. En otras palabras, el objetivo era codificar las reglas metodológicas que encerraban el núcleo de la racionalidad científica.

Esta idea sobre el método científico, resulta severamente cuestionada en los años sesenta por una serie de autores y concepciones, quienes en su afán por responder al interés de explicar cómo, de hecho, la ciencia cambia y se desarrolla. Estas concepciones surgen, por tanto, de una reflexión filosófica muy ligada a los análisis históricos de la práctica científica, donde su objetivo central es poner en duda la existencia de un conjunto de reglas metodológicas mecánicas y universales; es entonces cuando comienza a perder su carácter hegemónico el supuesto de que la ciencia debe su enorme éxito a la aplicación de un método universal.

Existe una infinidad de alternativas de cómo conceptualizar al método científico, a raíz de poner en tela de juicio la universalidad de éste en la ciencia; lo que involucra desde luego al experimento como procedimiento de este largo y metódico proceso. Ahora bien de hecho hay propuestas elaboradas a manera de respuestas a la pregunta de: ¿Existe realmente el método científico?, como la postura de los "Programas de Investigación Científica" de Lakatos, donde se propone que el punto de comparación no deben ser teorías aisladas sino más bien conjuntos de teorías, generadas por modificaciones sucesivas de sus predecesoras, que de todas formas permanecen ahí constantemente, pero en donde el objetivo esencial es la confirmación de una de esas teorías (Pérez Tamayo, 1998: 226); en efecto el estudio histórico revela que cuando falla alguna o algunas de las predicciones derivadas de una teoría, ésta no se elimina sino que se ha conserva mientras se afinan las observaciones realizadas y se llevan a cabo otras más. De hecho, manifiesta, no conviene eliminar una teoría en cuanto

aparece la primera experiencia que la contradice, en vista de que una teoría es mejor que no tener ninguna teoría. Con este antecedente, Lakatos propone, que sólo se debe rechazar una teoría, cuando se llenan los siguiente requisitos:

- 1) Cuando una teoría encierra mayor contenido empírico que la existente, o sea cuando predice hechos nuevos no anticipados por ésta última.
- 2) Cuando una teoría nueva explica todo lo que explicaba la anterior.
- 3) Cuando parte del exceso de contenido en la nueva teoría sobre la teoría existente se confirma.

Sobre esta base, Lakatos propone que el punto de comparación debe ser a través de un conjunto de teorías. A estos conjuntos de teorías afines Lakatos los denomina "programas científicos de investigación" (Lakatos, 1983: 20). Cada uno de estos programas está formado por tres capas concéntricas de entidades dialécticas:

- 1) El núcleo central, reúne los supuestos básicos y esenciales del programa, o sea todo aquello que es fundamental para su existencia.
- 2) Este núcleo central está celosamente protegido de las peligrosas avanzadas de la falsificación por un cinturón protector llamado heurística negativa un principio metodológico que estipula que los componentes del núcleo central no deben abandonarse a pesar de las anomalías, constituido por múltiples elementos variables, como hipótesis auxiliares, hipótesis observacionales, diferentes condiciones experimentales, etc.
- 3) La capa más externa del programa científico de investigación se conoce como heurística positiva y esta representada por directivas generales para explicar fenómenos ya conocidos o para predecir nuevos fenómenos.

Lakatos propone usar su esquema de programas de investigación científica para distinguir entre programas progresivos y degenerados, y para explicar el porqué del crecimiento de la ciencia, ya que considera de vital importancia la

demarcación entre lo que es ciencia y lo que no lo es, es decir Lakatos toma en cuenta el pasado para sugerir cómo deberá hacerse la ciencia en el futuro, siendo producto de esta propuesta su texto, titulado *La Metodología de los programas de Investigación Científica* (Lakatos, 1983: 13).

La anterior propuesta, no resulta ser la única, ni la más importante pues además también existen propuestas de otro tipo como la de Feyerabend quien se declara anarquista, de ahí que considera a la ciencia como irracional, pues históricamente considera que no hay nada que pueda identificarse como un método científico. La ciencia no presenta una estructura, no existen elementos que se presenten en cada desarrollo científico, pues al tratar de resolver problemas, los científicos utilizan indistintamente un procedimiento u otro, adoptan sus métodos y modelos al problema en cuestión, en lugar de considerarlos como condiciones rígidamente establecidas para cada solución, por tanto no tiene sentido formular, de una forma general y al margen de los problemas específicos, cuestiones tales como "qué criterio seguiría para preferir una teoría de otra" (Feyerabend, 2000: 3), bajo este principio elabora su libro *Tratado Contra el Método*, donde plasma su frase más comúnmente conocida: "todo se vale", y es precisamente que gracias al anarquismo con que justifica el avance de la ciencia (Pérez Tamayo, 1998: 246). Feyerabend postula y defiende el libre acceso del individuo, a todas las opciones posibles para alcanzar el conocimiento, él no concibe a la ciencia como una superación de las estructuras dogmáticas de estos tiempos sino simplemente como una opción alternativa, igualmente irracional y autoritaria, que finalmente triunfó no por mayor coherencia lógica sino por su mejor rendimiento tecnológico. Mi intención, señala Feyerabend, es convencer al lector de que todas las metodologías, incluyendo a las más obvias tienen sus límites. En relación con el método científico, la posición del autor, es que históricamente no ha existido y que es gracias a la anarquía que la ciencia ha progresado. Dentro de esta anarquía, tanto el cambio como el crecimiento de la ciencia se explican por factores externos, como ideologías, preferencias subjetivas, estilo literario, etc. El único principio objetivo,

es que una teoría científica puede eliminarse por deficiente cuando se demuestra que contiene una incongruencia interna, pero sin duda alguna, es la invención de nuevas ideas y el intento de asegurar para ellas un sitio digno en la competencia lo que lleva a eliminar los paradigmas viejos y poder reemplazarlos (Feyerabend, 2000: 18). Muchas más de estas propuestas relevantes se escapan en estos párrafos, pero para el desarrollo del presente trabajo, resulta importante el inclinar la discusión de acuerdo a la perspectiva del experimento hacia dos filósofos de la ciencia más importantes del siglo XX, quienes desde sus propuestas abordan la forma en como conceptúan al método científico y claro esta al experimento, pero cada uno lo hace desde su propia perspectiva, por ejemplo Kuhn lo hace enfatizando la importancia que tiene la comunidad científica en la elección de un paradigma, es decir como él mismo lo propone, mientras Popper elabora su propuesta a través de su metodología de conjeturas y refutaciones.

Luego entonces, es importante discutir sobre las propuestas de cada uno de estos filósofos, por tanto a continuación se especifican cada una de estas.

2.1.- ¿Kuhn con sus tesis sobre las revoluciones científicas, puede ayudar al experimento a liberarse de ser tan sólo un aspecto retórico del método científico?

El apartado de este capítulo es resultado de una reflexión sobre Kuhn y también una reflexión a partir de Kuhn, siendo el objetivo principal al realizar dicha reflexión el obtener un panorama general del modelo alternativo que elabora Kuhn, donde la preocupación por dar cuenta de los procesos de cambio científico pasa a ocupar el lugar central, tales supuestos se encuentran presentes en las obras escritas por este autor. Así *La Estructura de las Revoluciones Científicas* resulta ser el texto más conocido publicado en 1968, además constituye el punto de partida de una nueva manera de entender la ciencia; sin echar de menos algunos otros textos del mismo autor como *La Tensión Esencial* publicada en 1977, ambos textos serán motivo de reflexión, exposición y

discusión hasta donde nuestra situación lo permita, por tanto en los siguientes párrafos se exponen las principales categorías conceptuales plasmadas en las dos obras antes mencionadas.

En el modelo positivista lo primero que se deja ver es el reconocimiento de la existencia de un método científico como patrón general algorítmico, bajo el cual se desarrollan las diversas disciplinas científicas, sin embargo en *La Estructura de las Revoluciones Científicas* se intenta dar mayor énfasis en la continua evolución de la ciencia que no es de manera lineal y mucho menos su desarrollo se encuentra anclado en el seguimiento de un método científico de forma mecánica; por tanto Kuhn pone en tela de juicio que la realización de las actividades científicas se lleve a cabo mediante este mecanismo, ya que no existe ningún algoritmo general que garantice el éxito de la investigación científica (Pérez Ransanz, 2000: 27). De ahí que en el modelo propuesto por Kuhn se hace uso de varias categorías, las cuales necesitan ser comprendidas en el contexto de dicha propuesta.

La tesis de que en el desarrollo científico ocurren cambios profundos, cambios que revolucionan tanto las perspectivas teóricas como las prácticas de una comunidad, es una tesis de Kuhn, que surge de la investigación histórica. Kuhn intenta demostrar, con base en el estudio de casos de la historia de la ciencia, la incapacidad de las metodologías ofrecidas hasta entonces para explicar los grandes logros científicos. Este autor encuentra que una gran parte del proceder científico viola las reglas metodológicas hasta entonces elaboradas, más esto no ha impedido el éxito de la ciencia. Esta objeción histórica revela un claro desacuerdo con el carácter normativo del análisis metodológico positivista, es decir, con la idea de que la filosofía se ocupa de especificar como se debe de hacer ciencia. Luego entonces, en la propuesta de dicho autor se da mayor interés a la comunidad científica de la cual se forma parte, es decir lo más importante en este caso lo constituye el aspecto sociológico; la utilización de categorías conceptuales para identificar cada una de las etapas que integran el

modelo de este autor, es otro más de los factores relevantes que a continuación se describe.

En una visión de conjunto de este modelo lo primero que se destaca es el siguiente supuesto básico: las diversas disciplinas científicas se desarrollan de acuerdo con un patrón general. Esto es, como el propio Kuhn lo afirma en *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, su modelo intenta describir la estructura esencial de la continua evolución de una ciencia; esta estructura se refleja en una serie de fases o etapas por las que atraviesa toda disciplina científica a lo largo de su desarrollo.

Dicho patrón o estructura general comienza con una etapa **preparadigmática** o también identificada con la categoría de **preciencia**, en la cual coexisten diversas escuelas que compiten entre sí por el dominio de un cierto campo de investigación. Entre estas escuelas existe muy poco acuerdo con respecto a la caracterización de los objetos de estudio, los problemas que hay que resolver, las técnicas y procedimientos que deben utilizarse, etc. Lo característico de esta etapa es que las investigaciones que realizan los distintos grupos no logran producir un cuerpo acumulativo de resultados. Este periodo termina cuando el campo de investigación se unifica bajo la dirección de un mismo marco de supuestos básicos, es decir cuando una comunidad científica adopta un **paradigma**⁴⁰, entendiendo este como un conjunto de supuestos teóricos generales, leyes, técnicas adoptadas para su aplicación (Chalmers, 1999: 128), (Pérez Ransanz, 2000: 29), (Kuhn, 1999: 34), entonces los investigadores llegan a considerar que uno de los enfoques competidores es tan prometedor que abandonan los demás y aceptan ese enfoque como la base de

⁴⁰ En esta categoría resulta importante destacar que también se utiliza el sinónimo de Matriz Disciplinaria para hacer uso de ella, además puede utilizarse en dos sentidos:

- A) A manera de logro o realización concreta, las cuales funcionan a manera de ejemplos que deben seguirse en la comunidad, ya que es una forma novedosa de solucionar problemas, o
- B) Como conjunto de compromisos compartidos en el grupo, en este sentido se refiere a marcos de presupuestos básicos que comparte la comunidad. Este marco incluye leyes teóricas fundamentales, procesos, procedimientos, técnicas experimentales y criterios de evaluación.

su propia investigación. Esta transición que ocurre sólo una vez en la vida de cada disciplina científica y es por tanto irreversible, crea el primer consenso alrededor de un paradigma y marca con ello el paso hacia la **ciencia madura**.

El consenso en un paradigma marca el inicio de un periodo conocido como **ciencia normal o ciencia madura**⁴¹. Esta etapa se considera como conservadora, en donde no se buscan novedades, sino el que las nuevas generaciones aprenden el significado de los conceptos básicos o categorías conceptuales derivadas del paradigma adoptado en la comunidad, poniendo en práctica las teorías en la solución de los problemas correspondientes con el modelo, por tanto es ahí donde se muestra la relación existente entre la teoría con la experiencia; es decir es el momento en donde los científicos, quienes se incorporan a la comunidad científica que adopto el paradigma, aprenden como la naturaleza se manipula desde esa perspectiva teórica, es el momento en que se resuelven tanto problemas teóricos como experimentales (Chalmers, 1999: 128), (Pérez Ransanz, 2000: 41).

Kuhn distingue cuatro tipo de componentes o compromisos básicos en las comunidades científicas:

- El primero se refiere a lo que llama "generalizaciones simbólicas", que son lo que tradicionalmente se le conoce como leyes o principios fundamentales de una teoría, los cuales tienen el papel de sintetizar las relaciones conceptuales que determinan el enfoque teórico de una tradición de investigación. Incluso podrían considerarse como una especie de herramientas conceptuales, las cuales sirven como guía previa indispensable para caracterizar los fenómenos y resolver

⁴¹ En el texto "la estructura de las revoluciones científicas", primero se utiliza la categoría de ciencia normal, que es cuando existe un consenso en la comunidad científica que adopta el paradigma, pero la categoría de ciencia madura se adquiere en el momento en que se da solución a la mayor cantidad de problemas que se presentan a la comunidad, es decir cuando se da muestra de la eficacia de las teorías que conforman dicho paradigma.

problemas que solo adquieren significado dentro del marco de dichos principios.

- El segundo tipo de componentes que comprende una comunidad se refiere a los compromisos ontológicos, los cuales se expresan en los modelos que los científicos utilizan para representar su campo de estudio, los que proporcionan las representaciones y metáforas que son admisibles, con lo cual contribuyen a acotar el tipo de explicaciones y preguntas que tiene sentido formular en un dominio científico.
- El tercer tipo de compromisos compartidos se refiere a los valores metodológicos⁴², estos son quienes contribuyen en mucho a dar un sentido de comunidad a los científicos naturales en conjunto. Estos valores, si bien operan todo el tiempo al evaluar las soluciones a los problemas de la investigación normal, se vuelven especialmente importantes en los periodos en la que los científicos de una comunidad tienen que elegir entre teorías rivales. Se trata de valores tales como: A) Adecuación empírica: adecuación entre las consecuencias o predicciones de una teoría y las observaciones o resultados de la experimentación; tanto en sentido cualitativo como en el sentido de precisión o exactitud; B) Alcance: extensión del campo de aplicaciones de una teoría; C) Simplicidad: capacidad de una teoría para dar cuenta de los diversos fenómenos de una manera sistemática y con el mayor número de supuestos; E) Consistencia: coherencia lógica tanto interna como con otras teorías aceptadas y F) Fecundidad: capacidad de generar nuevas soluciones y nuevas líneas de problemas.

⁴² En este y en los demás compromisos existentes en una comunidad científica, les es característico una parte fundamental, que es la relación existente entre los novatos y los expertos, lo que hace que todos adquieran las categorías conceptuales de manera similar.

- Por último, el cuarto tipo de compromisos se da precisamente en los ejemplos paradigmáticos, es cuando la práctica de resolución de problemas enseña como procesar la información sensorial bajo un modelo teórico determinado. De aquí que los ejemplos paradigmáticos permitan conectar directamente un sistema conceptual complejo (una teoría) con el mundo sin necesidad de recurrir a un lenguaje neutral de observación, por tanto las aplicaciones paradigmáticas constituyen la instancia concreta donde se muestra y aprende la conexión entre teoría y experiencia ⁴³.

Estos cuatro tipos de compromisos existentes en las comunidades, son quienes de acuerdo con Kuhn permiten adquirir un sentido de madurez en ella, a través de la dirección de la investigación científica desde el marco conceptual desde donde se está trabajando, ya que en esta etapa de ciencia normal se tiene como objetivo principal aumentar el alcance y precisión con que se aplica el enfoque teórico de un paradigma, además de mejorar el ajuste entre experimento y teoría; es decir la meta consiste en llegar a la solución de los problemas de investigación científica de acuerdo con las nuevas predicciones elaboradas por los científicos de la comunidad, y ello requiere la solución de toda clase de complejos instrumentales, conceptuales y matemáticos. Si se falla en estas situaciones se pone en duda el ingenio y talento de los científicos, pero no se cuestiona la corrección de los supuestos básicos del paradigma.

Resulta necesario afirmar que en esta etapa, las actividades tanto teóricas como experimentales están encaminadas a mejorar el ajuste y confirmación de

⁴³ De acuerdo con la propuesta elaborada por Kuhn, este autor no supone una relación directa entre la teoría y las actividades experimentales que puedan llevarse a cabo en el laboratorio, por tanto resulta necesario aclarar que para él existen dos tipos de leyes: las fundamentales, aquellas generalizaciones simbólicas que no se pueden aplicar de manera directa en la solución de problemas, ya que tienen poco contenido empírico; por tanto son las especiales, quienes especifican las posibilidades de aplicación de una teoría; por tanto el fracaso de una conjetura no implica el fracaso de la teoría como tal, como claro ejemplo se encuentra el citado en los textos de Kuhn cuando hace énfasis en la Teoría de Gravitación Universal, colocando a las leyes de Newton como leyes fundamentales y recurre a algunos factores como las órbitas de los planetas para realizar una aplicación empírica.

las teorías que conforman el paradigma adoptado, por tanto no son puestas en tela de juicio, esto es, no son objeto de evaluación ni en el sentido de confirmación ni en el sentido de refutación, ya que la misma resolución de problemas supone la validez de las teorías.

Ahora bien, en toda investigación normal en su afán de mejorar y extender el ajuste entre teoría y experiencia, se enfrenta tarde o temprano con **anomalías**⁴⁴ que se muestran lo suficientemente reacias a solución como para terminar con la confianza de la comunidad en su enfoque teórico, provocando la búsqueda de posibles sustituciones. Es entonces cuando se inicia un periodo de **ciencia extraordinaria**, la cual puede desembocar en el desplazamiento de un paradigma por otro, esto es, en una **revolución científica**⁴⁵, es cuando se pone en tela de juicio una teoría que ha llegado a ser paradigmática, cuando ha generado una tradición fecunda de hacer investigación; ya que dicho cuestionamiento no puede ocurrir si no se cumplen al menos dos condiciones: que dicha teoría haya sido incapaz de resolver ciertas anomalías, y que exista una teoría alternativa que parezca resolverlas.

Si bien no se puede caracterizar de manera general en que circunstancias una anomalía provoca una **crisis**⁴⁶, esto es, el brote de una serie de intentos de reajuste o modificación de los supuestos básicos del paradigma vigente, no obstante queda claro que las anomalías son una condición necesaria aunque no suficiente para cambiar de paradigma (Pérez Ransanz, 2000: 73), (Kuhn, 1999:

⁴⁴ Los problemas que se resisten a ser solucionados por el paradigma adoptado por la comunidad científica reciben el nombre de anomalías, según la categoría establecida por Kuhn, pero además son amenazados a ser solucionados por un paradigma rival.

⁴⁵ Este proceso implica la adopción de un nuevo paradigma por la comunidad, este debe ser totalmente diferente con el anterior, el cual pueda solucionar los problemas que con el anterior no fueron resueltos.

⁴⁶ Es la etapa que sirve de enlace entre la ciencia extraordinaria y la revolución científica caracterizado por el debilitamiento de las reglas marcadas por el paradigma, además los defensores de él pierden su confianza en el mismo, es decir hay una inseguridad profesional notablemente marcada en la comunidad

135). Entonces se realiza una evaluación⁴⁷ del paradigma hasta el momento considerado como la estructura que sirve de guía para la realización de la investigación científica. Y es cuando vuelve a iniciarse el ciclo, resultado del modelo propuesto por Kuhn.

De acuerdo con Kuhn, el experimento tiene un papel fundamental en el desarrollo de este ciclo, es decir, es considerado como aquella actividad estrechamente ligada con la teoría, pero no es utilizado para confirmación, sino para su revisión, puesto que de acuerdo con Duhem en Física las teorías y los experimentos no deben ser tomados de manera aislada, sino como parte de un todo, pero lo más relevante en el modelo de Kuhn es cuando se puede leer entre líneas lo siguiente: no hay ningún mecanismo general que garantice el éxito de la investigación científica. Con esta aseveración, Kuhn acepta, la no existencia de un método científico, como patrón universal en la ciencia, de ahí que su forma de conceptualizar al experimento, va más allá de ser considerado como un mero procedimiento de éste, es de ahí que en *La Tensión Esencial*, reconoce al experimento como un recurso retórico en el campo de las teorías científicas, a través del cual puede llegar a comprenderse el aparato conceptual del científico, por tanto, la realización de experimentos no implica necesariamente la confirmación de una teoría, sino únicamente es un mecanismo auxiliar, en su posible verificación. En este sentido, la función del experimento es la de contribuir a eliminar una confusión previa, forzando al científico a reconocer contradicciones que, desde el principio, eran inherentes a su manera de pensar (Kuhn, 1996: 264).

⁴⁷ En este proceso existen dos tipos de evaluación: la interparadigmática, valoración de una teoría con respecto a otras y la evaluación interparadigmática, valoración de la teoría en la comunidad científica.

2.- ¿Será Popper, quien con sus conjeturas y refutaciones, ayude al experimento a liberarse de ser un recurso retórico del método científico?

Karl R. Popper, es uno de los más destacados y controvertidos filósofos del siglo XX; el mismo se definió como un racionalista crítico y liberal, su principal aportación la realizó en el campo de la filosofía de la ciencia; en su afán de elegir problemas y no temas de investigación, identifica básicamente dos problemas verdaderos en este campo. El principal de estos es el de tratar de comprender al mundo y a nosotros como parte de él. Su segundo planteamiento consiste en que no hay un método propio para la ciencia; por tanto cualquier método para buscar la verdad es válido, de ahí que consagra su trabajo a examinar la lógica de la investigación científica.

Popper, piensa que en realidad no investigamos temas, sino problemas, y que una teoría es una solución tentativa que formulamos para solucionar un problema: son enunciados universales e hipótesis. Un problema teórico es siempre una explicación: de un hecho, de un fenómeno, de una regularidad, de una importante excepción a una regla. La ciencia necesita problemas teóricos y un punto de vista. Por ello, "una teoría es una herramienta que sometemos a examen aplicándola, y que juzga si es o no apropiada teniendo en cuenta el resultado de su aplicación" (Popper, 1997: 103).

¿Cuál es la teoría de Popper? ¿Qué tesis suyas van a revolucionar las maneras de pensar y aceptar la ciencia?, ¿De qué manera se involucrará ahora al experimento como parte de la ciencia?. El hombre de ciencia, ya sea teórico o experimental, propone enunciados o sistemas de enunciados y los examina poco a poco. En particular, en el campo de las ciencias empíricas construye hipótesis y las contrasta con la experiencia, por medio de observaciones y experimentos (Popper, 1997: 27), luego entonces la tarea de *la lógica de la investigación científica* consiste, en ofrecer un análisis lógico de cómo procede la investigación de las ciencias empíricas, cuál es el método que utiliza y la forma en cómo se hace uso de él.

De acuerdo a la propuesta metodológica racionalista, que Popper elabora, se sostiene que la ciencia no procede de manera inductiva, ya que cuando observamos, nos interesan ciertos datos en función de nuestra teoría preconcebida, por tanto el problema siempre viene primero, es decir todo enunciado que dé cuenta de una observación o de un experimento, nunca puede ser universal siempre será singular⁴⁸.

Ahora bien, ya tenemos presente que la ciencia no procede inductivamente, sino deductivamente, por tanto elaboramos una teoría y de ahí deducimos sus consecuencias y las examinamos a través de observaciones y experimentos. Es el método deductivo de examinar críticamente, que sostiene que una hipótesis sólo puede examinarse empíricamente.

Para examinar una teoría tenemos que refutarla, es decir, negar el enunciado universal con el resultado de observaciones y experimentos. Una teoría no se verifica por el número de casos que pudiéramos observar, de este modo nunca podríamos estar seguros de tener la verdad; pero un solo enunciado singular, un solo caso en particular, refutaría en definitiva la teoría. Las teorías se refutan en sentido negativo, si la realidad niega la teoría es que la teoría era falsa; si pasa los exámenes, los test⁴⁹, entonces fue corroborada o mostró su temple⁵⁰. La corroboración no es verificación y no es definitiva, puede aparecer después una mejor teoría en su lugar, como la de Einstein sobre la de Newton.

⁴⁸ Popper utiliza un famoso ejemplo para ilustrar su tesis: por muchos cisnes blancos que conozcamos no podemos con justicia formular el enunciado universal "todos los cisnes son blancos". Tendríamos que conocer todos los cisnes del mundo, y no sólo los presentes sino los pasados para poder hacer la afirmación. En cambio con un solo cisne negro que descubramos, el enunciado se viene abajo; éste es el problema de la inducción o, como Kant lo bautizó, el problema de Hume (Suárez, 1998: 36).

⁴⁹ La categoría de test significa examinar, someter a examen a una teoría.

Corroboramos una teoría si logramos cuatro características:

- Si sus conclusiones no se contradicen (coherencia interna)
- Si da explicaciones mejores que otras teorías
- Si sus conclusiones se pueden examinar empíricamente
- Si sus premisas se desprenden lógicamente de sus enunciados

Hay un segundo problema: el de la demarcación, es decir el de establecer los criterios que delimitan las ciencias de la metafísica. Este es un problema más fundamental que el primero, según Popper, de ahí que este autor propone como solución a este problema, un acuerdo o convención: la falsabilidad; él cree que solo podemos saber tratando de refutar, es decir para refutar una teoría, es preciso repetirla, examinando las consecuencias de sus enunciados singulares a través de observaciones y experimentos. Sólo las teorías aptas podrán sobrevivir. Éste es el llamado Darwinismo de Popper: las teorías compiten entre sí y sólo las que logran pasar los exámenes sobrevivirán, pero solo puede refutarse un sistema científico empírico (Suárez, 1998:41).

Popper cree que la ciencia avanza a través del método que él llama de conjeturas y refutaciones, es decir la variante científica del ensayo y error, en donde nuestras teorías son conjeturas y tratamos de refutarlas. El conocimiento, especialmente el científico, progresa a través de anticipaciones injustificadas e injustificables, de presunciones, de soluciones tentativas para nuestros problemas, de conjeturas. Estas conjeturas son controladas por la crítica, esto es, por intentos de refutaciones, entre los que se encuentran exámenes severamente críticos. Ellas pueden sobrevivir a estos exámenes, pero nunca pueden ser justificadas categóricamente: no se les puede establecer como indudablemente verdaderas (Popper, 1994: 13), (Popper, 1996: 18). Cada descubrimiento de un error constituye un avance real en nuestro conocimiento, solo buscando refutaciones puede la ciencia avanzar, ya que cometer una

⁵⁰ Mostrar su temple, es la expresión utilizada cuando las teorías en momentos críticos deben mostrar que tan resistentes son a las refutaciones, es decir a las críticas más difíciles

equivocación, consiste esencialmente en considerar como verdadera una teoría que no lo era. Sólo examinando como pasan los tests sus diversas teorías puede distinguir su calidad y de este modo tenemos un criterio de progreso⁵¹.

Los procedimientos del método científico, expuestos anteriormente, se ven remplazados por: 1) Problema, que es generalmente el rechazo de la teoría o expectativa existente; 2) Solución propuesta, en otras palabras una nueva teoría; 3) Deducción de propuestas examinables de una nueva teoría; 4) Test, es decir intentos de refutación, entre otras cosas por observaciones y experimentos, o la preferencia por teorías que compiten.

Pero no cualquier test refuta una teoría, refutamos si hemos aceptado enunciados básicos que contradigan la teoría, pero no todo efecto aislado puede repetirse, tenemos que repetir el experimento con efecto para poder refutar. Luego entonces las teorías no dicen lo que va a suceder, sino que algo no puede suceder, es decir excluye acontecimientos posibles y quedará refutada si en realidad suceden.

¿Hay entonces objetividad en la ciencia? Sí, si los enunciados pueden ser examinados y entendidos por cualquiera, por ello el primer deber de un intelectual, para Popper es escribir con claridad y sencillez⁵² para que todos lo puedan entender. Así la objetividad se logra a través de examinar subjetivamente, es decir entre personas que someten a discusión racional sus argumentos e hipótesis. De este modo se logra refutar teorías equivocadas y prueban su temple las correctas. A esto le llama Popper el racionalismo crítico: tratar de detectar y eliminar el error a través de la crítica racional, es decir

⁵¹ La teoría de Popper surge por la debilidad que observo en las teorías de Freud, Adler y Marx en comparación con la de Einstein, era precisamente que siempre se adecuaban a los hechos, que siempre eran confirmadas, por tanto considera Popper que la apariencia era en realidad su debilidad, ya que un método que explica todo lo que puede suceder, es un método que no explica nada, por tanto es necesario buscar elementos que refuten una teoría. (Popper, 1994: 149).

⁵² Este aspecto se desarrolla más puntualmente en "En busca de un mundo mejor", en donde se expone puntualmente cuales son las situaciones por las que un intelectual debe escribir con sencillez y lleva por título: Contra las grandes palabras.

combatiendo la equivocación, ello lleva por tanto a buscar la verdad objetiva y hacer todo lo posible por descubrir y eliminar falsedades. Ésta es la tarea de la actividad científica.

Entonces resulta esencial rescatar la propuesta de Popper, la cuál básicamente centra su atención en la crítica racional de las teorías, esta se elabora a través de conjeturas y refutaciones, intentando con ello desbancar al inductivismo, ya que como él mismo menciona, las teorías no deben ser universales, sino más bien en ellas deben estar presente aquellas situaciones que no se deben presentar.

3.- Una reflexión a manera de conclusión, a propósito de Kuhn y Popper.

Debemos considerar a estos dos autores como los principales filósofos del siglo XX, de los cuales su principal aportación esta presente en el campo de la filosofía de la ciencia, siendo más importante en el desarrollo de este trabajo lo referente a la cuestión metodológica, es decir en donde ambos reconocen la **no existencia de un método científico algorítmico**, que rige el desarrollo de la investigación científica, ambos están interesados en la dinámica del proceso de cómo se adquiere el conocimiento científico (Lakatos, 1975: 149), pero cada uno lo hace desde su propio enfoque; Kuhn considerando a la historia de la ciencia como punto clave, para respaldar su propuesta sobre *La estructura de las revoluciones científicas*, en donde indica que la ciencia no se estructura a través de la acumulación de conocimientos; Popper hace su trabajo propio en este aspecto, considerando como punto de partida el estudio de las estructuras lógicas de las teorías a través de su método de conjeturas y refutaciones. Rechazar que la ciencia avanza por la mera acumulación de conocimientos, constituye un punto en el que ambos están de acuerdo. Es importante destacar, de todo este panorama, que ambos consideran necesaria la existencia de una **teoría** anterior a la puesta en práctica de las actividades experimentales, pero el o los **experimentos** que se realizan no tienen como objetivo la confirmación de

la misma, sino más bien su posible refutación, ya que en física este tipo de actividades no deben distinguirse de manera aislada, dejando ver al experimento como un recurso retórico, el cual se desprende de la teoría, si la teoría dice que requiere del experimento para su falsación.

A propósito de estas dos propuestas ambos autores están de acuerdo en que los científicos necesariamente desarrollan sus ideas dentro de un determinado marco teórico general, de ahí que el trabajo normal de un científico presupone una estructura organizada de supuestos, por tanto la interpretación de las observaciones no puede ser de carácter neutral, sino que estas se encuentran cargadas de prejuicios, de acuerdo a la perspectiva de mundo que se tenga, aunque en este sentido Kuhn es quien da mayor importancia a este aspecto dentro de la comunidad científica y llamó a estos marcos generales "paradigmas", estos son aceptados por la comunidad científica en el período de ciencia normal de forma dogmática, situación criticada, por Popper, autor que desde su perspectiva, considera que la ciencia es esencialmente crítica, pero también necesita de un cierto dogmatismo, pero no como Kuhn lo conceptualiza. Ante esta situación Kuhn responde, que el éxito del científico normal consiste en mostrar que la teoría dominante puede ser adecuada y satisfactoriamente aplicada para alcanzar la solución de un problema, específicamente en el período de ciencia normal, esto no implica la carencia de un pensamiento crítico o proceso de contrastación del que Popper hace alusión, es en este momento cuando el científico hace uso de él, al percibir donde, cuando y como debe utilizarlo para producir momentos de crisis (Lakatos, 1975: 151).

El método popperiano pone todo el peso de la prueba en la contrastación de las experiencias refutadoras, esto es en las pruebas experimentales cuyos resultados implicarían el rechazo de la teoría considerada. Kuhn en pocas palabras, niega la existencia de experiencias que por si solas impliquen la falsedad de una teoría, de ahí que niega la existencia de experiencias refutadoras en sentido Popperiano. La principal razón es que para que una

anomalía, una discrepancia entre la teoría y la experiencia, pueda ser considerada como un auténtico contraejemplo, con capacidad de poner en tela de juicio y echar abajo una teoría se requiere una perspectiva teórica alternativa desde la cual se pueda emitir este juicio, al respecto Kuhn comenta, que el individuo puede aprender de sus errores sólo porque el grupo cuya práctica incluye estas reglas puede aislar el fallo de sus errores al aplicarla (Lakatos, 1975: 92).

Otro de los puntos puestos a discusión entre estos dos autores, es el que se refiere a la racionalidad, como ya se hizo mención; Popper es quien más lo enfatiza en su propuesta, mientras que Kuhn no hace mención como tal en sus escritos, pero si lo toma en cuenta al hablar de la puesta en duda de una teoría cuando se presenta otra teoría como rival, por tanto ahí debe el científico hacer uso de esta situación.

Pero lo más relevante que se puede rescatar de este capítulo en referencia con los dos capítulos anteriores, es en primera instancia descartar la búsqueda de un método propio para la ciencia, el cual intenta unificar a la naturaleza, ya que desde esta perspectiva lo que se intenta es comprender a la naturaleza pero desde diferentes perspectivas, como la historicista con Kuhn o la Racionalista con Popper, quien rechaza rotundamente la existencia del positivismo en la ciencia, parece caer en él con su propuesta de conjeturas y refutaciones, luego entonces para ambos autores resulta importante la existencia de los experimentos ya sea como actividades o como procesos mentales, pero su situación se reduce a mera falsación de las teorías, utilizándolo como un recurso retórico de la ciencia.

De acuerdo al argumento que se ha desarrollado, se ha establecido más que suficientemente lo siguiente: es impracticable para el científico seguir un método mecánico cuya práctica le es recomendada, que consistiría en definir y demostrar cada cosa, anclada en un método de investigación. Por otra parte,

para aquellos quienes despliegan una serie de principios físicos por medio de este método están dando naturalmente una exposición de ello que es falso al mismo tiempo (Duhem, 1992: 201).

Es necesario puntualizar que las teorías no pueden ser refutadas por cualquier experimento, porque éste termina por ser utilizado únicamente como un recurso retórico, es decir no depende sustancialmente la teoría de los resultados que se obtengan de éste, simplemente porque el contenido de algunas de ellas no puede estar anclado en el registro que los sentidos realicen a través de los experimentos.

CAPITULO IV

ANALISIS DEL USO DEL EXPERIMENTO EN EL LIBRO DE TEXTO DE FISICA.

0.- Introducción

En los dos primeros capítulos, se ponen de manifiesto algunas ideas, mediante las cuales se describen las dos concepciones de experimento: la matematizada y la instrumentalista; en cada una de ellas prevalece una propia concepción de ciencia y de experimento. En ambas concepciones subyace una propuesta de método; de la concepción matematizada la propuesta es ir hacia un método de tipo inductivista, mientras que en la instrumentalista se deja ver una postura deductivista, en esta última es importante señalar el uso de los laboratorios, como lugar en donde se práctica la ciencia, además de un gran número de materiales fabricados por los artesanos de dicha época. Por otra parte, en el capítulo III se discute la existencia del método científico a la luz de las propuestas de dos filósofos de la ciencia del siglo XX, Kuhn y Popper, ambos consideran la no existencia de un método científico algorítmico como patrón universal en la ciencia, derivando de ahí la propuesta y la concepción de experimento de cada uno de estos dos personajes; Kuhn elabora su propuesta haciendo especial énfasis en la historia de la ciencia, mientras Popper lo hace destacando la estructura lógica del desarrollo de la ciencia, de donde surge un modo de llevar a cabo el experimento, dejando ver su propuesta metodológica a través de conjeturas y refutaciones, donde el aspecto racionalista es fundamental.

Ahora bien, el propósito central de este capítulo es realizar, como su nombre lo indica, el análisis del texto de Física del tercer grado de educación secundaria, sin perder de vista la forma en que se utiliza al experimento en él,

como resultado de la concepción de Física que prevalece en el mismo. Para realizar tal análisis básicamente se hará uso de varios materiales, clasificados en cuatro grupos; 1) Libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, 2) Planes y programas de estudio de Educación secundaria 1993, Libro para el maestro de Física, "La enseñanza de la Física en la escuela secundaria" este último, es el resultado del programa de actualización docente, y demás materiales proporcionados por la SEP, los cuales dejen leer entre líneas el ¿por qué? de tal concepción de Física manifestada en los libros de texto, además de 3) Las categorías extraídas de cada uno de los tres capítulos anteriores y 4) Los textos de Teun A. van Dijk, de ellos el más importante para el presente análisis es: *Texto y Contexto*, desde donde nos da pauta, para realizar una lectura del texto haciendo uso de la semántica y de la pragmática del discurso; todos estos materiales resultan ser importante para fundamentar la tesis planteada al inicio del trabajo, es decir el realizar el análisis del texto de Física, sin perder de vista la forma en que es utilizado el experimento.

El **experimento** visto como un **recurso retórico**, es la categoría más importante en el desarrollo del presente trabajo, pero también es necesario identificar cual es el entorno que le permite adquirir esta concepción. En palabras de Van Dijk, para llegar a esta concepción se debe considerar el contexto del cual forma parte, por tanto, es indispensable identificar las categorías que se encuentran involucradas de manera esencial en tal concepción, además de establecer la conexión que se da entre ellas. Entonces, para llevar a cabo el análisis del texto de Física del tercer grado de educación secundaria, propósito central del presente capítulo, se requiere realizar dichas conexiones o enfatizar el momento de ruptura si es que llegará a existir; entonces, las preguntas motivo de discusión en este capítulo son: ¿Cuál es la concepción de Física que aparece en los libros de texto de Física?, ¿Cómo se concibe al experimento en los libros de texto de Física?, ¿Qué tipo de relación se da entre lo planteado en los libros de texto y su contexto?, ¿Existe alguna relación de conexión o choque entre lo discutido en capítulos anteriores, con lo que se plantea en los libros de texto?.

De acuerdo con lo planteado en párrafos anteriores, para desarrollar el contenido del capítulo, se considera conveniente establecer una conexión muy estrecha entre los materiales que se mencionan al inicio con las preguntas planteadas en el párrafo anterior, pero además resulta conveniente articular a estas dos instancias con lo propuesto por Van Dijk, para realizar dicho análisis, por tanto, los argumentos planteados en el presente capítulo se dividen en tres partes, en la primera de ellas se hacen explícitas las categorías utilizadas desde la pragmática y la semántica lógica para el análisis del texto como producto del discurso; en el segundo apartado se distingue como es concebida la Física y en particular al experimento, desde los planes y programas, libros de texto y demás materiales existentes, es decir desde su contexto; mientras que en el tercer apartado se discute la relación que se da entre lo abordado en capítulos anteriores y la visión de Física planteada desde los libros de texto, dejando ver cual es la propuesta a partir de todo lo antes desarrollado.

1.- ¿Cómo el texto forma parte del discurso?

Uno de los mayores logros recientes de la lingüística y sus disciplinas próximas es la creciente atención prestada a la pertinencia de varias clases de contextos. Se hacen renovados esfuerzos en sociolingüística y en las ciencias sociales para definir las relaciones sistemáticas entre contextos sociales y culturales y las estructuras y funciones del lenguaje. En particular, la filosofía del lenguaje ha mostrado al lingüista cómo el contexto pragmático establece las condiciones que determinan la adecuación de las expresiones de la lengua natural consideradas como actos de habla. En este sentido, la propuesta de Van Dijk, aspira a proporcionar algunas correcciones mediante el establecimiento de una aproximación más sistemática al estudio lingüístico del discurso, a través de una investigación exploratoria sobre algunos tópicos más específicos, pero fundamentales de una teoría del discurso, por ejemplo, sobre nociones tales como conexión, coherencia, tópico del discurso y las relaciones entre la semántica y la pragmática del discurso.

Texto y contexto, donde se fundamenta el análisis del libro de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, fue la presentación de la Lingüística textual como desarrollo objetivamente superador de la gramática, pero no necesariamente desvinculada, ni mucho menos opuesta. En dicha obra se proclama al texto como la unidad más extensa del discurso y también como un nivel de acceso a la lengua (Van Dijk, 1998: 12), esta concepción del texto se ve respaldada por el mismo Kuhn, cuando al inicio de *La Estructura de las Revoluciones Científicas* hace un énfasis especial al considerar al libro de texto como uno de los medios por los que las nuevas generaciones aprenden a practicar su profesión, luego entonces, resulta pertinente señalar que esta manera de caracterizar al texto es la que guía el desarrollo del presente capítulo, es decir se considera a éste como un elemento fundamental de acceso a cualquier comunidad, como un medio a través del cual se aprenden a manejar las categorías y los conceptos propios de la comunidad de que se forma parte, este elemento les permite a los nuevos integrantes establecer interacciones con los demás integrantes de ella, en este caso de una comunidad científica.

Después de hacer mención de la forma en como se concibe al texto, desde la perspectiva de Van Dijk, es conveniente señalar a éste como una parte esencial del discurso, en donde existen un conjunto de códigos que son interpretados por la comunidad de que se forma parte, los instrumentos desde donde se realiza el análisis del texto proceden de la filosofía y la lógica, luego entonces, una de las principales características de *Texto y contexto*, que resulta importante señalar es su ayuda metodológica para realizar una investigación crítica de los textos de cualquier género, ya que el objetivo del autor es hacer explícitas las relaciones existentes entre la estructura del texto y su contexto pragmático, todo ello a través de las estructuras semánticas, denominadas por el autor como macroestructuras (Van Dijk, 1998: 41).

El análisis del texto, desde la propuesta de Van Dijk, hace especial referencia a la categoría de las Macroestructuras, a quienes define como

estructuras semánticas, que no se expresan únicamente por frases, sino que son una secuencia de estas, lo cual ayuda a identificar la forma en como esta integrado el discurso, es decir define el significado de las partes de un discurso y del discurso completo con referencia a los significados de las frases individuales, (Van Dijk, 1998: 37), entonces, resulta obvio decir que el discurso es algo más que la unión de oraciones individuales. Esta forma de análisis tiene implicaciones cognoscitivas, para quienes explican los procesos de comprensión y retención del discurso, porque éste tipo de implicaciones cognoscitivas son también gramaticalmente pertinentes para la descripción adecuada del uso de conectivos, es por ello que la tarea central del autor es mostrar cómo operan las interrelaciones entre oraciones compuestas y secuencias, lo que permite organizar la información según las categorías extraídas del mismo texto, a través de las macroestructuras vistas desde la perspectiva de la semántica y la pragmática.

Debe resaltarse que sólo algunas propiedades del discurso serán tratadas, es decir no se prestará atención a las posibles reglas morfológicas y sintácticas que caracterizan al discurso, sino que concentraremos la atención en fenómenos semánticos y pragmáticos; los cuales están sistemáticamente relacionados entre sí. En la pragmática esta implicado el tipo de perspectiva que el autor tiene sobre el tema desarrollado en el texto, por lo tanto en él se encuentra reflejada la concepción del autor sobre el tema tratado, el cual reconstruye a través de las reglas compartidas por la comunidad, claro, este tipo de actividad la realiza con ayuda de la gramática, por tanto lo hace desde dos niveles; en el primero, toma en cuenta la estructura interna del discurso, además de su significado asignado a través de la acción o los actos de habla, principales responsables de la interacción social; en el segundo remarca la importancia del uso y el estudio de la conexión y de los conectivos; estos últimos son quienes ordenan las frases y las proposiciones como parte de un todo, su función es hacer oraciones compuestas de oraciones simples, además de que son quienes permiten establecer relaciones entre los significados y sentidos en el discurso y con ello

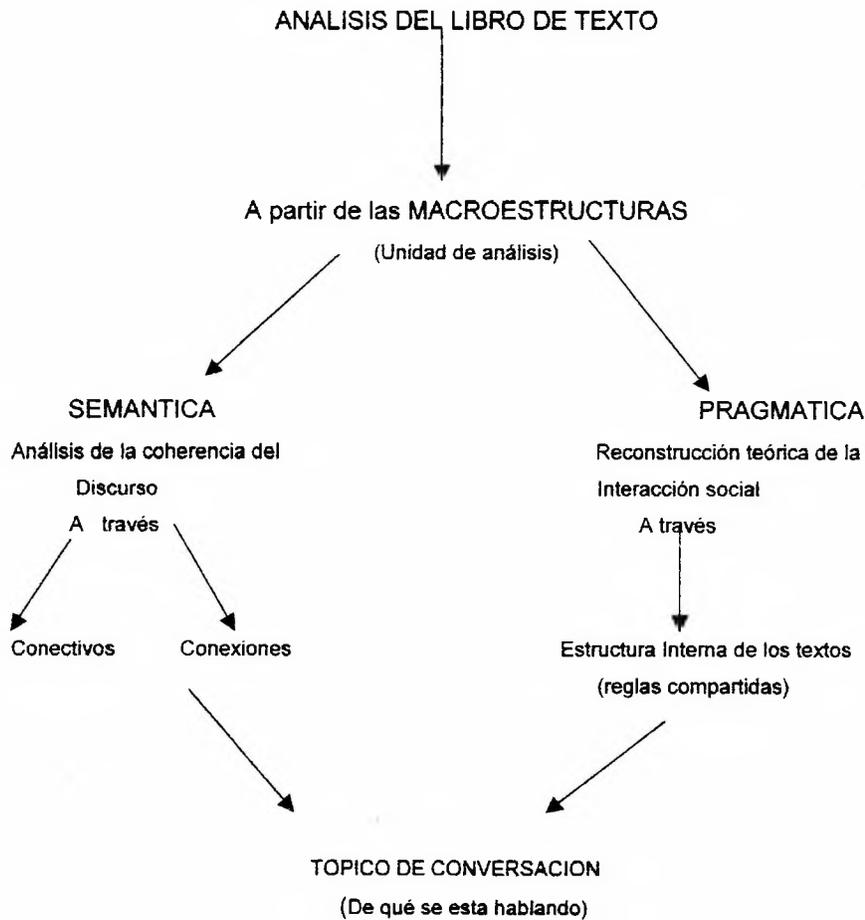
nos permite distinguir el t3pico de conversaci3n, es decir, nos da pauta a especificar de qu3 y desde donde se esta abordando dicho tema tratado en el texto, ambas son quienes dan coherencia al discurso y forman parte a su vez de la estructura sem3ntica del mismo .

En este caso la coherencia es entendida como el conjunto de condiciones que determinan las relaciones, es decir determinan la interdependencia entre los hechos expresados por oraciones compuestas y su secuencia, en donde la relaci3n con un mundo y alg3n t3pico de conversaci3n es necesaria, lo que permite establecer las conexiones, las cuales estructuran al texto. Entonces, esto permite conducir el an3lisis identificando las situaciones claves de este, por tanto, da pauta para distinguir desde donde, el porque, el para qu3, el c3mo, y el t3pico de conversaci3n del cual se esta tratando.

El t3pico de conversaci3n o tambi3n llamado t3pico de discurso, es la categor3a de donde se desprende las dem3s, pues 3l nos permite identificar acerca de que se esta hablando, es donde las oraciones o tambi3n llamadas macroestructuras se combinan, formando el discurso, son quienes organizan y categorizan las secuencias como un todo, el cual para ser interpretado debe ser relacionado b3sicamente con los conocimientos convencionales establecidos en la comunidad de que se forma parte y en este caso como se hizo menc3n anteriormente, es funci3n de la pragm3tica el establecer las reglas compartidas, esto es los c3digos con los que se dan interacciones por los miembros de la comunidad de que se forma parte.

Para Van Dijk la tarea central que desempeña su estructura metodol3gica en el an3lisis de los libros de texto es 3nicamente el demostrar como esta estructurada la construcci3n de los sistemas del discurso, su organizaci3n interna y su consistencia, lo que quiere decir que su funci3n sem3ntica es de car3cter veritativo, donde no importa el contenido o significado de las proposiciones que integran el discurso, sino s3lo interesa identificar su valor, asign3ndole el valor de

verdaderas o falsas y en algunas ocasiones de indeterminadas, pero nunca se les asigna más de uno de estos valores, ya que de estos valores depende demostrar si la construcción de los sistemas es consistente o no (Van Dijk, 1998: 55, 57) de acuerdo a todo lo anterior, las categorías utilizadas por el autor de manera general podrían resumirse en el siguiente esquema:



Considerando el esquema anterior, es necesario subrayar la importancia de las categorías que éste contiene, pues son ellas quienes nos permitan realizar el análisis de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, por tanto, cualquier argumento que se enuncia en ellos es entendido como una macroestructura a través de la cual podemos interpretar como se está dando la comunicación entre los miembros integrantes de la comunidad, pero sin perder de vista el **tópico de conversación**, que en este caso es el **experimento**, pues es a través de la lectura, interpretación y conexión de los argumentos plasmados en los libros de texto (macroestructuras) con las **categorías** extraídas de los **capítulos anteriores, unidades de análisis**, es como podemos dar cuenta del concepto de experimento que se encuentra plasmado en los **libros de texto del tercer grado de educación secundaria**, siendo estos últimos el **universo del discurso**. Luego entonces, es conveniente hacer una revisión del contexto de los libros de texto del tercer grado de Física de educación secundaria, motivo de discusión del siguiente apartado de éste capítulo.

2.- Concepción de la Física y del experimento, en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, desde su contexto.

En el apartado anterior se describen de manera general las categorías utilizadas por Van Dijk para el análisis de los libros de texto. Ahora corresponde identificar el contexto que rodea la concepción de Física y de experimento que aparece en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria. Para ello, es necesario hacer alusión a los diferentes materiales en los que está presente esta concepción de Física; como se hace mención en la introducción de este capítulo existen varios, todos son importantes, pero el principal de ellos lo constituye *El Plan y Programas de Estudio 1993 de Educación Secundaria*, ya que en él se encuentran presentes los propósitos que se persiguen con la educación secundaria y por ende se señalan las características que deberá poseer el egresado de nivel secundaria, de ahí que

resulte conveniente señalar las características principales de este, en específico en la asignatura de Física del tercer grado, parte importante para el desarrollo del presente trabajo.

El plan de estudios de la educación secundaria de 1993 y los programas que lo constituyen son resultado de un prolongado proceso de consulta, diagnóstico y elaboración, iniciado años atrás. En estas actividades se contó con la participación, a través de distintos mecanismos, de maestros, directivos escolares, padres de familia, centros de investigación, representantes de organismos sociales y otras instancias más, relacionadas con el nivel secundaria. A lo largo de este proceso de consulta y discusión se fue generando consenso en relación con dos cuestiones. En primer lugar fortalecer, en el nivel secundaria, los conocimientos y habilidades de carácter básico, entre los cuales ocupan un primer plano los relacionados con el dominio de los contenidos temáticos, en lo concerniente al carácter científico, se considera que los conocimientos de las ciencias deberían reflejarse particularmente en actitudes adecuadas para la preservación de la salud y la protección del ambiente y con un conocimiento más amplio sobre los descubrimientos científicos (SEP, 1993: 10).

El propósito esencial del plan, que se deriva del acuerdo Nacional para la Modernización de la Educación Básica es contribuir a elevar la calidad de la formación de los estudiantes que han terminado la educación primaria, mediante el fortalecimiento de aquellos contenidos que responden a las necesidades básicas de aprendizaje de la población joven del país y que sólo la escuela secundaria puede ofrecer. Estos contenidos integran los conocimientos, las habilidades y los valores que permiten a los estudiantes continuar su aprendizaje con un alto grado de independencia, dentro o fuera de la escuela; facilitan su incorporación productiva y flexible al mundo del trabajo; coadyuvan a la solución de las demandas prácticas de la vida cotidiana y estimulan la participación activa y reflexiva en las organizaciones sociales y culturales del país (SEP, 1993:12).

El nuevo plan de estudios es considerado como un instrumento necesario y esencial para la organización del trabajo escolar, para con ello lograr un avance cualitativo. Para que sus propósitos se cumplan, deberá integrarse a un proceso general de mejoramiento, del que formarán parte programas de estudio sistemático, libros de texto y materiales de estudio con información moderna y eficacia didáctica y un sistema que apoye en forma continua la actualización y mejoramiento profesional de los maestros.

Para consolidar y desarrollar la formación adquirida en la enseñanza primaria, se han establecido una serie de prioridades en la organización del plan de estudios de educación secundaria y en la distribución del tiempo de trabajo, entre esas prioridades figura la referente al campo científico (que en este caso es la más importante para el desarrollo del presente trabajo), haciendo notar su relevancia con la enunciación del siguiente objetivo:

* Fortalecer la formación científica de los estudiantes y superar los problemas de aprendizaje que se presentan en este campo. Para ese propósito, en el plan de estudios se suprimen de manera definitiva los cursos integrados en ciencias naturales y se establecen dos cursos para el estudio de cada una de las disciplinas del campo: la Física, la Química y la Biología. Además en el primer grado se incorpora un curso de introducción a la Física y a la Química, cuyo propósito es facilitar la transición entre las formas de trabajo en la educación primaria y el estudio por disciplinas que se realiza en la escuela secundaria, este curso tiene continuidad en el segundo y tercer grado de educación secundaria, donde se abordan a la Física y Química, desde sus propias particularidades y contextos (SEP, 1993: 13-14).

De acuerdo a los propósitos y prioridades establecidas de manera general en el plan de estudios de educación secundaria, se desprende de estos el enfoque y los propósitos asignados al programa de Introducción a la Física y a la Química, también de igual manera sucede con los de Física de segundo y tercer

grado, siendo estos últimos quienes constituyen el universo del discurso en el presente trabajo.

Como se menciona en párrafos anteriores, la inclusión del curso de Introducción a la Física y a la Química en el primer grado de la enseñanza secundaria, obedece a la necesidad de establecer un eslabón entre el nivel de formación científica de carácter general que los alumnos adquieren en la enseñanza primaria y las exigencias del aprendizaje sistemático de la Física y de la Química como disciplinas específicas, las cuales son ampliamente desarrolladas en el segundo y tercer grado de educación secundaria.

De acuerdo con el enfoque descrito, el curso de Física de tercer grado de educación secundaria, tiene como propósitos:

- 1) Estimular en los estudiantes el desarrollo de la capacidad de observación sistemática de los fenómenos físicos inmediatos, tanto los de orden natural como los que están incorporados a la tecnología más común y que forman parte de la vida cotidiana.

- 2) Propiciar la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento científico y sobre las formas en las cuales éste se adquiere, desarrolla y transforma. Al respecto se recomienda evitar las formulaciones rígidas de un supuesto método científico, único e invariable y conformado por etapas sucesivas, que muy frecuentemente forman parte de los programas de estudio. Esta versión del método científico es difícilmente asimilable por los alumnos de secundaria y no corresponde con las pautas reales que los científicos siguen en la realización de su trabajo. Es más valioso que los alumnos tengan una visión de que en el conocimiento científico se combinan al carácter sistemático y riguroso de los conocimientos con la flexibilidad intelectual, la capacidad de plantear las preguntas adecuadas y de buscar explicaciones no convencionales. En este sentido se sugiere que en la

enseñanza se incorporen con frecuencia descripciones de los procesos mediante los cuales se arribó a algunos descubrimientos e inventos importantes.

3) Propiciar el conocimiento de los materiales y el equipo más comunes en los laboratorios escolares y de las normas de uso y de seguridad para trabajar con ellos. Es muy importante que los estudiantes sepan que las posibilidades de experimentación, verificación y medición no se reducen al trabajo del laboratorio, sino que en su entorno familiar y en el medio circundante existen fenómenos y sustancias que permiten la actividad experimental. El desarrollo de la imaginación para experimentar y de la habilidad para medir y registrar son propósitos esenciales de este curso, que deberá asociarse con el aprendizaje de normas de seguridad, pertinencia y prudencia en la realización de estas actividades.

4) Propiciar el conocimiento y la aplicación de las diversas formas y técnicas de medición utilizadas en las ciencias naturales y estimular las destrezas relacionadas con el registro y la representación gráfica del comportamiento de los fenómenos físicos elementales (SEP, 1993: 67 y 68).

En síntesis, este curso debe concebirse como una inducción y una motivación hacia el aprendizaje de los contenidos científicos; en este curso la orientación permanente debe ser la de desarrollar la capacidad de observación atenta de los fenómenos, de la curiosidad para preguntar cómo y por qué ocurren, y del conocimiento, por la vía del ejercicio, de las actitudes y formas elementales de trabajo propias del aprendizaje de la Física.

De manera general los contenidos de la asignatura de Física del tercer grado de educación secundaria se encuentran organizados en cuatro bloques, su estudio se plantea mediante la observación del entorno y la producción de experiencias sencillas en el laboratorio a través de los experimentos.

El primer bloque tiene como propósito estimular en los estudiantes el desarrollo de su capacidad de observación, de los fenómenos físicos inmediatos, relacionados con los conceptos de "Calor y temperatura", haciendo especial énfasis en el reconocimiento de la diferencia entre estos dos conceptos, además del uso de las diferentes escalas para medir la temperatura, la transferencia del calor y aplicaciones prácticas de las leyes de la termodinámica, como son las máquinas térmicas.

En el segundo bloque, "Cuerpos sólidos y los fluidos", se estudia la Física de ambos, así como la caracterización y diferenciación entre líquidos y gases. De manera sencilla se desarrolla el concepto de presión y el principio de Pascal, la fuerza de flotación y el principio de Arquímedes, la dinámica de los fluidos y la ecuación de Bernoulli, todo ello presentado a través de ejemplos claros y prácticos.

En el tercer bloque, "Electricidad y magnetismo" se destacan las fuerzas eléctricas y magnéticas, la electrostática y la magnetostática, los motores y los generadores eléctricos. En la enseñanza de estos temas deben señalarse sus aplicaciones prácticas, como la radio o la televisión

En el cuarto bloque, los temas centrales son la óptica y el sonido. En él se estudian las características de propagación del sonido, el oído y la audición. También se revisan las características del movimiento ondulatorio, como son la longitud y la frecuencia de onda. En cuanto a la óptica, se introducen las nociones de radiación electromagnética y se estudia el ojo y la visión.

El enfoque descrito exige del maestro y del grupo un esfuerzo especial para diseñar y realizar experimentos con un propósito educativo, de modo que el estudiante comprenda el problema con el que se relaciona el experimento, la lógica de este y las conclusiones que arroja (SEP, 1993: 77-78).

En su parte experimental, este curso debe propiciar el conocimiento de los materiales y el equipo más común en los laboratorios escolares y de las normas de uso y seguridad para trabajar con ellos. Para estimular la imaginación experimental es necesario que los estudiantes aprendan a localizar las posibilidades de observación sistemática, experimentación, verificación y medición que existe en el entorno doméstico y el medio circundante.

Al iniciar el presente capítulo, en la introducción, se hizo especial énfasis en considerar varios materiales, que proporcionan el contexto que rodea al libro de texto de Física, como el Plan y programas de estudio, programas nacionales de actualización, libro para el maestro, entre algunos otros más; pero también es cierto que parecería un tanto repetitivo el estar haciendo alusión nuevamente a los propósitos de dichos programas, ya que se encuentran presentes en cada uno de los materiales antes mencionados, por supuesto, en cada uno de los materiales se abordan de diferentes formas, por ejemplo, en los planes y programas se especifica de manera más detallada lo que se pretende en cada uno de los cursos antes mencionados, sin embargo partiendo de dichos temas, en el libro para el maestro se dan alternativas metodológicas de cómo pueden ser abordados cada uno de los temas, haciendo alusión a los experimentos posibles a utilizarse tomando en cuenta la perspectiva desde donde se están abordando tanto en el libro de texto como en los planes y programas, más aún el auxiliar didáctico titulado *La enseñanza de la Física en la Escuela Secundaria* tiene como propósito esencial apoyar al personal docente en la puesta al día de sus conocimientos sobre estos temas, y en el fortalecimiento de sus recursos didácticos con la finalidad de alcanzar una mayor calidad en el desarrollo de su ejercicio profesional.

Ahora bien en los siguientes párrafos se irán detallando aún más cada una de las categorías que aparecen en planes y programas, también se pretende establecer una relación con lo contenido en los libros de texto, junto con las categorías expuestas en el primer apartado de este capítulo las cuales sirven

como fundamento metodológico para el análisis del libro de texto, además de hacer una conexión con las categorías de los tres primeros capítulos de este trabajo.

Es necesario puntualizar, la necesidad de establecer una relación entre lo que se considera como oficial, es decir lo establecido en el plan y programas de estudio de donde se desprende la forma de conceptualizar al experimento, la cual se enfatiza en los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria.

CONCLUSIÓN: PARA UN ANÁLISIS DE LOS LIBROS DE TEXTO DE FÍSICA DEL TERCER GRADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA.

En este momento son muchas las ideas que se me vienen a la mente, tratando de hacer un recuento y una posible triangulación entre los diferentes aspectos abordados en el transcurso de este trabajo, sin embargo entre más son las ideas existentes, mayor es la dificultad para poder escribirlas de manera congruente, así que lo haré con la mayor claridad posible.

Antes de iniciar este recorrido, considero necesario señalar al libro de texto, de manera general, como uno de los materiales didácticos más importantes para el desarrollo de una clase, en este caso lo es para la asignatura de Física del tercer grado de educación secundaria, por tanto se considera a éste como un ámbito del discurso, es decir se considera como una unidad y un nivel de la lengua; por tanto su contenido con todo lo referente al **experimento** resulta ser un motivo de discusión, lo que equivale a considerarlo como el **tópico del discurso** en cuestión en este apartado, tomando como **unidad de análisis** las **categorías utilizadas en filosofía de la ciencia** y además resulta conveniente subrayar que en el texto se encuentra presente una concepción de Física, la cual se pretende transmitir a los alumnos, y por ende hace que se vea al experimento (tópico de conversación) como una actividad cargada de mitos, pero más aún como una actividad que se hace por mera repetición en donde los resultados ya están premeditados. En consecuencia, el objetivo de este apartado es hacer notar al texto como uno de los medios por los que las nuevas generaciones aprenden a practicar su profesión⁵³, luego entonces, al término del curso de Física, el alumno solo ve al experimento como una serie de procedimientos a seguir para llegar a un cierto tipo de resultado (Kuhn, 1995: 20).

⁵³ El sentido de esta frase va dirigido en cuanto al aprendizaje de los códigos de una comunidad a través del texto.

Sin embargo, es importante hacer notar que en los tres capítulos anteriores, aparece información teórica, la cual puede ayudar a tener una concepción diferente de experimento, donde la preocupación del investigador no es únicamente por la organización técnica y las condiciones de aislamiento de éste, donde al experimento se le libera de ser el motivo principal de rechazo o adopción de una teoría, por tanto este adquiere la categoría de ser un recurso retórico, ya que su función se limita a ser un auxiliar en la demostración de las teorías, puesto que el experimento se desprende de estas en tanto en ellas se menciona que tipo de experimento se requiere.

Durante el desarrollo de este capítulo se ha enfatizado como necesario el análisis de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, recordando que estos son el universo del discurso, donde el tópico de conversación es el experimento; por tanto, resulta conveniente subrayar que el número de ejemplos utilizados para la realización del análisis fueron extraídos de la lista de libros de texto autorizados por la SEP. Los experimentos utilizados fueron seleccionados bajo dos criterios básicamente⁵⁴: 1) son excelentes ejemplares, en el sentido de que muestran las principales características manejadas en el resto de los experimentos presentados en los textos, 2) en estos ejemplos, se deja ver la importancia que tiene para el desarrollo de ellos tres temáticas principales, ya manejadas en los capítulos anteriores, estos son el método científico, el uso de los sentidos, y la puesta en juego de la inducción. Luego entonces, hacemos una transcripción de algunos ejemplos⁵⁵ contenidos en los libros de texto del tercer grado de educación secundaria, en los cuales existen macroestructuras, las cuales permiten identificar las categorías

⁵⁴ Es importante señalar, el objetivo del presente trabajo no es el de fundamentar el desarrollo de las ideas en algún tipo estadísticas, sino el de extraer experimentos de los libros de texto, los cuales ejemplifiquen las principales características de los que no se encuentran presentes, lo que permita ser motivo de crítica y enriquecimiento para el mismo trabajo, lo que de apertura a ver el experimento de una forma diferente.

⁵⁵ Lo escrito en letras cursivas corresponde a la copia tal cual de los libros de texto del tercer grado de educación secundaria utilizados para el desarrollo del trabajo.

mencionadas en los capítulos anteriores, como a continuación se muestra en los siguientes ejemplos:

Ejemplo I

Actividad experimental⁵⁶

Medición de la temperatura. Uso del termómetro.

** Propósito:*

Valorar la importancia del uso del termómetro para determinar de manera confiable la temperatura.

** Material:*

- * Un termómetro de laboratorio*
- * Un martillo o piedra*
- * Un reloj de pulso*
- * Un trapo*
- * Dos frascos de vidrio o dos vasos de precipitados de 250 ml*
- * Seis cubos de hielo*
- * Agua*

** Procedimiento:*

- 1. Forma equipo con otros cinco compañeros.*
- 2. Tomen tú y cada uno de tus compañeros un cubo de hielo y sosténgalo en la mano un tiempo breve. ¿Cómo lo sienten? _____ ¿Pueden calcular con el sentido del tacto a qué temperatura se encuentra el cubo de hielo? Sí o no y por qué: _____.*

⁵⁶ Experimento extraído de Libro de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, editorial Patria escrito por Héctor Pérez Montiel, págs. 9,10 y 11.

3. Trituren con un martillo o una piedra los cubos de hielo que sostuvieron en sus manos. Para mayor facilidad usen un trapo, envuelvan los cubos de hielo con él y golpéenlos con el martillo o la piedra. Pongan el hielo triturado en un frasco de vidrio o en un vaso de precipitado de 250 ml. Introduzcan el bulbo del termómetro de laboratorio en el hielo triturado y determinen su temperatura. Escríbanla: _____ En caso de que hubieran podido calcular la temperatura del hielo, ¿estuvieron acertados? Sí o no y por qué: _____ Dejen el hielo triturado en el frasco de vidrio o en el vaso de precipitado, para que se vaya fundiendo, es decir pasar del estado sólido al estado líquido y tomen su temperatura en distintos momentos hasta que se funda totalmente. Anótenla en los siguientes espacios, mientras continúan con su actividad experimental.

Temperatura del hielo al iniciar su fusión: _____

Temperatura del hielo al fundirse la mitad de él: _____

Temperatura del hielo al terminar de fundirse: _____

Temperatura del agua diez minutos después de fundirse todo el hielo: _____

4. En otro frasco de vidrio o vaso de precipitado agreguen agua del grifo hasta $\frac{3}{4}$ partes de su capacidad. Cada integrante del equipo introducirá el dedo en el agua y dirá si la siente fría, un poco fría, templada, un poco templada, caliente o un poco caliente, también dirá a que temperatura considera que se encuentra. Escribe a continuación el nombre de cada uno de los integrantes del equipo; como sintió que se encontraba el agua y la temperatura que calculó:

NOMBRE DEL INTEGRANTE	SINTIO QUE EL AGUA SE ENCONTRABA	TEMPERATURA CALCULADA
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Ahora midan con el termómetro del laboratorio la temperatura del agua. Recuerden que para hacerlo correctamente, el bulbo del termómetro debe

permanecer sumergido en el agua mientras se efectúa la lectura, ya que si lo sacan registrará la temperatura del ambiente. Anoten la temperatura leída: _____
¿Alguno de los integrantes acertó en su cálculo? _____ ¿Podemos
Confiar en nuestro sentido del tacto para determinar correctamente el valor de la
temperatura? Sí o no y por qué: _____ ¿Qué instrumento debemos
usar para determinar con precisión el valor de la temperatura de un cuerpo o de
una sustancia? _____.

5. *Con su mano toquen cualquier objeto que esté cerca de ustedes, en las*
mismas condiciones ambientales, y que tengan alguna parte de metal, como
puede ser la pata de una mesa o una silla. Después, toquen algún objeto que
tenga alguna parte de madera, también en las mismas condiciones
ambientales, como la madera de un pupitre o la cubierta de una mesa. ¿Cuál
sintieron más frío, el metal o la madera? _____ Comenten entre ustedes
si realmente estará más frío uno de los dos cuerpos o es nuestro sentido del
tacto el que, de manera equivocada, nos indica una diferencia de
temperaturas. Escribe en que conclusión llegaron: _____.

**Conclusiones: Seguramente durante el desarrollo del experimento pudiste*
concluir que la temperatura es una magnitud física la cual indica qué tan caliente
o fría está una sustancia y se mide con un termómetro.

Otro de los ejemplos seleccionados de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, es el que a continuación se presenta:

Ejemplo II

Medición de la temperatura. Uso del termómetro⁵⁷.

Realiza el experimento y responde las siguientes preguntas.

⁵⁷ El libro de donde se obtuvo el ejemplo, fue escrito por Alejandro Cortés Juárez y Roberto Shirasago Germán, titulado Física práctica 3, Fernández Editores.

¿Qué tan confiable es el sentido del tacto para determinar la temperatura de los cuerpos?

**Materiales:*

- *Tres recipientes grandes*
- *Agua (caliente, tibia y fría)*

**Procedimiento:*

1. *Coloca en una mesa los tres recipientes: uno con agua fría, otro con agua tibia y el otro con agua caliente (precaución: el agua no debe estar tan caliente que puede quemarte).*
2. *Introduce una mano en el recipiente con agua fría y la otra en el recipiente con agua caliente. Al cabo de medio minuto, introduce ambas manos en el recipiente con agua tibia.*

¿Qué sensación se percibe en cada mano con respecto a la temperatura tibia?

3. *Escribe tus conclusiones acerca del sentido del tacto como medio para medir la temperatura de los cuerpos.*

Uno más de los experimentos seleccionados de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, relacionados con el tema de calor y temperatura, es el siguiente:

Ejemplo III

Experimento

¿Con las manos puedes determinar la temperatura? _____

Comenta con tus compañeros de equipo la respuesta a la pregunta y compruébalo, a través del siguiente experimento.

**Material:*

Tres recipientes grandes

Agua (caliente, tibia y fría)

**Desarrollo:*

1. *Acomoda los recipientes sobre una mesa y llénalos hasta la mitad, el primero con agua fría, el segundo con agua tibia y el tercero con agua caliente (cuidado no debe ser tan caliente que te puedes quemar).*
2. *Introduce un minuto tu mano izquierda en el recipiente con agua fría y la derecha con el agua caliente.*
3. *Saca rápidamente la mano del agua caliente e introdúcela en el recipiente con agua tibia. Luego saca tu mano derecha y mete la izquierda en el recipiente con agua tibia.*
4. *Ahora saca tu mano derecha y mete la izquierda en el recipiente con agua tibia. Coloca ahora tu mano izquierda durante un minuto en el agua fría y la derecha en la caliente.*
5. *¿Qué percibes en cada caso con relación a la temperatura del agua tibia?*
6. *Comenta con tus compañeros de equipo sobre la confiabilidad de tu sentido del tacto como un recurso para medir la temperatura del cuerpo.*
7. *Anota tus conclusiones. La temperatura, un significado familiar, es una medida de que tan frío o caliente está un objeto; el instrumento que se utiliza para medirla es el termómetro. Es conveniente que aprendamos a distinguir con claridad a qué se debe la temperatura de un cuerpo.*

Existe una semejanza en la estructura de los experimentos que se presentan a manera de ejemplos, en primera instancia el tema es común, sin embargo en cuanto a su macroestructura se refiere, parecieran ser aún más parecidos el ejemplo III con el que a continuación se presenta:

Ejemplo IV:

*Calor y temperatura*⁵⁸

⁵⁸ Este ejemplo fue extraído del libro de texto de Física 2, elaborado por Antonio Máximo y Beatriz Alvarenga, editorial Oxford. Pág. 42.

Realiza el siguiente experimento, con los materiales y las indicaciones que a continuación se te dan:

Toma tres recipientes: uno de ellos contendrá agua fría, otro agua tibia y otro agua caliente. Sumerge una de tus manos en el agua fría y la otra en el agua caliente. Después de algún tiempo saca tus manos de los recipientes mencionados y sumerge ambas manos en agua tibia. Notarás que el agua tibia dará una sensación de estar más caliente para la mano que esta sumergida en el agua fría y de estar más fría para la mano que esta sumergida en el agua caliente. Evidentemente, estas sensaciones te están proporcionando información errónea, pues el agua tibia se encuentra en una temperatura uniforme.

También existen diferencias en cuanto a la forma como se presentan las macroestructuras de tipo semántico de un experimento a otro aunque el contenido en sí es el mismo, eso es lo que les permite tener sus propias particularidades, como es el caso del siguiente:

Ejemplo V:

Medición de la temperatura⁵⁹.

**Objetivo: construir un termómetro de aire.*

El conocimiento de un fenómeno físico depende de la información que de él se tenga. Para entenderlo y controlarlo, los investigadores diseñan modelos matemáticos o sistemas de simulación que les permita reproducirlo y analizarlo.

El proceso de la medición es uno de los mecanismos más importantes para obtener información de un fenómeno; cuando se realiza la medición, se incurre

⁵⁹ Ejemplo obtenido del libro de Prácticas de Física 3er. Curso de educación secundaria de Víctor Manuel Lozano Carranza, editorial Santillana. Págs. 8 y 9.

en errores humanos y en errores por las limitaciones materiales de los instrumentos, tales como errores de exactitud, precisión y sensibilidad.

La temperatura se puede medir por los efectos que el calor produce en los cuerpos; por ejemplo: la expansión térmica de un gas, la dilatación térmica de un líquido o de un sólido, la presión de un líquido, las variaciones eléctricas de un material, el cambio del estado físico o químico. A los instrumentos de medición de temperatura se les denomina pirómetros o termómetros; entre los más comunes se encuentran el termómetro de mercurio y el termopar.

El termómetro de aire que construirás en esta práctica se basa en la expansión térmica de un gas. Si el aire se calienta, se expande, y se vuelve más ligero; tener una corriente de aire ascendente (corriente termal) que puede transformarse en movimiento o en otro tipo de energía.

Una importante aplicación del conocimiento de la temperatura y sus efectos esta orientada a la seguridad y prevención de accidentes.

***Materiales:**

- * Una hoja de papel*
- * Un lápiz con goma*
- * Unas tijeras*
- * Un termómetro*
- * Una aguja*
- * Una vela*
- * Un reloj con segundero*
- * Un juego de geometría*

***Procedimiento:**

- 1. Recorta un cuadro de papel de 8 cm*
- 2. Traza una línea vertical, una horizontal y dos diagonales, procura que estas pasen por el centro del cuadro; traza un círculo de aproximadamente 2 cm en el centro del cuadro, como se muestra en la figura.*
- 3. Marca un dobléz sobre todas las líneas (dobla y desdobla)*

4. *Recorta las secciones 1,3,5 y 7 hasta el círculo y despréndelas.*
5. *Inserta firmemente la aguja en la goma del lápiz.*
6. *Sostén el lápiz en forma vertical entre tus piernas y coloca la figura de papel (sin perforarla) sobre la aguja.*
7. *Cuenta cuantos giros da la figura en 30 segundos (si deseas marca un punto sobre ella para facilitar el conteo), con ayuda de un compañero y utilizando el termómetro mide la temperatura de tus piernas.*
8. *Enciende una vela y acércala ligeramente a la figura por la parte inferior, cuenta los giros que da en 30 segundos; mide la temperatura de la flama, acercando ligeramente el termómetro a la vela durante 5 segundos.*
9. *Haz diferente mediciones y genera una tabla de lecturas, elabora una gráfica con los datos obtenidos. Registra tus observaciones y elabora la gráfica.*

Ahora es necesario, establecer una conexión entre las categorías utilizadas básicamente en los tres primeros capítulos (**unidades de análisis**) con los cinco ejemplos de los experimentos antes citados a la luz de las categorías propuestas por Van Dijk en *Texto y contexto*. **El tópico de conversación** común en todos ellos, es **el experimento utilizado para medir la temperatura**, sin embargo, la organización en la presentación de las macroestructuras de tipo semántico y pragmático les hace adquirir características propias, las cuales dan muestra de la forma en como se encuentra integrado el discurso en estos, para señalar de manera más puntual estas instancias se realizará un recorrido por cada uno de ellos.

El análisis de los experimentos extraídos de los **libros de texto** del tercer grado de educación secundaria (**universo del discurso**), se iniciará de manera general considerando las categorías antes aludidas en los cinco ejemplos citados. Las unidades de análisis más utilizadas corresponden al segundo y tercer capítulo, como a continuación se muestra.

UNIDADES DE ANALISIS	INTERPRETACION DE LAS MACROESTRUCTURAS
<p>✍ Método científico como patrón universal en la ciencia.</p>	<p>De acuerdo a la macroestructura semántica, es decir a la forma en como se encuentran organizadas cada una de las estructuras de los experimentos, se hace uso de los procedimientos, tal como se menciona en el tercer capítulo, de ahí que el tipo de ciencia que se deja ver es de carácter rígido, donde la aplicación del método científico es mecánica y lo único que se necesita para ser un buen científico es el seguir las reglas establecidas. Esta categoría se enfatiza más en los experimentos 1 y 5.</p>
<p>✍ Los sentidos son quienes guían a la razón: Bacon.</p>	<p>Durante el desarrollo de los experimentos se da especial énfasis a la utilización del sentido del tacto, como el factor que da cuenta de la forma en como se esta accediendo al conocimiento a través de ellos, es decir el interés principal radica en la acumulación de historias naturales, ya que la razón es ayudada por la experiencia, por tanto, no puede llegarse al conocimiento si no es por este mecanismo.</p>
<p>✍ El registro minucioso de los datos obtenidos de los experimentos es esencial.</p>	<p>En el desarrollo de los experimento se da gran importancia al registro de los resultados obtenidos a través de las constantes mediciones que se hacen con el termómetro, de igual forma se hace con las sensaciones. Se encuentra de manera más constante en los experimentos 1,2 y 5.</p>

<p>✍ Importancia de los instrumentos y su utilización.</p>	<p>Los instrumentos junto con los registros constituyen una característica central de la concepción instrumentalista, manifestada de alguna manera a través del registro de las mediciones que se hacen en el transcurso de los experimento, dando con ello la impresión de una ciencia de tipo positivista.</p>
<p>✍ El científico es un interprete de la naturaleza.</p>	<p>En este sentido el experimento, es entendido como una exploración de la naturaleza, donde lo indispensable son los procedimientos que integran al método científico, y a través de su aplicación le permiten a éste alcanzar la verdad, dicha verdad se encuentra a manera de conclusión elaborada por el mismo autor del texto en los cinco experimentos.</p>

La **concepción instrumentalista**, identificada en si misma como una **unidad de análisis** permite extraer macroestructuras de tipo semántico contenidas en los experimentos, estas se encuentran presentes cuando se da prioridad al uso de los sentidos, en este caso el sentido del tacto, quien se encarga de dar cuenta del conocimiento obtenido en está experiencia. De aqui, que el **experimento es utilizado como un mecanismo de exploración de la naturaleza**. De acuerdo al desarrollo de las unidades de análisis antes expuestas, se hace a un lado la propuesta de la concepción matematizada, representada por Descartes, donde el principio básico es el uso de la razón, y por ende se practica un tipo de experimento fundamentado en la búsqueda de la verdad a través del uso de la razón, con el cual pretende respaldar su teoría,

ahora bien en función de todo este contexto, puede o no a considerar necesaria la observación de su entorno.

Desde la estructura interna de cada una de éstas concepciones y del significado asignado a estas categorías desde la pragmática, es conveniente considerar el contexto de donde se desprende este tipo de características mediante las cuales el experimento en el libro de texto de Física del tercer grado de educación secundaria (**universo del discurso**), adquiere un sentido de exploración de la naturaleza, donde el propósito central, al aplicarse, es el acceso al conocimiento a través prioritariamente de los sentidos. El contexto del universo del discurso, lo constituyen El plan y programas de estudio de educación secundaria de 1993, el libro para el maestro de la asignatura de Física y demás materiales proporcionados por la SEP. Por tanto resulta necesario establecer una conexión entre las unidades de análisis anteriormente discutidas y el contexto mismo de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria.

El principal de ellos, lo constituye, El plan y los programas de estudio de educación secundaria de 1993, desde donde se deja ver en el primer propósito de la asignatura de Física del tercer grado de educación secundaria, la estimulación de los estudiantes hacia la capacidad de observación sistemática de los fenómenos físicos (SEP, 1993: 67), es ahí en donde aparece presente la observación como un modo de acceder al conocimiento a través de la atención escrupulosa y metódica, en donde a los órganos de los sentidos se les dota de una gran importancia; tal modo de considerarla es característico de Bacon en su propuesta inductivista, pero también en esta macroestructura (el propósito de la asignatura) se hace presente una de las categorías utilizadas por Mario Bunge cuando describe en el capítulo tercero a la observación como un proceso indispensable del método científico algorítmico.

Pero no es únicamente uno de los propósitos el que se pone en tela de juicio, sino también en este caso el segundo propósito que a la letra dice: Propiciar la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento científico y sobre las formas en las cuales este se adquiere, desarrolla y transforma. En donde la versión del método científico se combina con el carácter sistemático y riguroso de los procedimientos con la flexibilidad intelectual, la capacidad de plantear las preguntas adecuadas y de buscar explicaciones no convencionales (SEP, 1993: 67). En este sentido se sugiere que en la enseñanza se incorporen con frecuencia descripciones de los procesos mediante los cuales se arribó a algunos descubrimientos e inventos importantes.

Probablemente parece un tanto lejano este tipo de situaciones vistas desde los planes de estudio, pero a simple vista parece incongruente incitar a la reflexión a los alumnos a partir de la sistematización de los datos y lo es más aún cuando propicia el conocimiento de los materiales de laboratorio solo para seguir un procedimiento y llegar a una conclusión, en donde ambas instancias ya están establecidas, esto aparece presente en el tercer propósito cuando pone cierto énfasis en que los alumnos conozcan los materiales del laboratorio lo que les permite conocer las posibilidades de experimentación, verificación y medición de los sucesos ocurridos como producto de manipulación de los instrumentos de trabajo, en este caso dicha situación, incita a una polémica planteada en el capítulo dos, es decir cuando los científicos empiezan a ser uso de los materiales de laboratorio más sofisticados, los resultados obtenidos de sus experimentos, empiezan a ser cuestionados, en esta etapa es precisamente cuando se inicia a elaborar varias interrogantes acerca de este tipo de situaciones como: ¿Se experimenta o se intenta someter a la naturaleza?, ¿Los experimentos son resultado de una imitación de la naturaleza o se quiere cambiar a la naturaleza por medio de ellos?. estas y otras interrogante fueron motivo de discusión en la Filosofía de la ciencia (Kuhn, 1996:80).

Con los ejemplos extraídos de los libros de texto de Física del tercer grado de educación secundaria, se ponen de manifiesto muchas de las situaciones mencionadas con anterioridad, una de ellas, tal vez la más utilizada durante el desarrollo del presente capítulo, lo es la forma de concebir al método científico, a pesar de aparecer como uno de los principales propósitos de cambio en el plan y los programas de secundaria, cuando menciona que no debe ser transmitido como un patrón universal quien le da a la ciencia un carácter rígido y en ocasiones también pareciera ser estática (SEP, 1993: 67), pero esta forma de concebir al método científico se refuerza aun más cuando en el Libro para el maestro, página 29, se considera que la observación de manera científica es algo más que "ver", implica el hacerse preguntas sobre el fenómeno y plantear hipótesis para después registrar por escrito toda clase de datos que permitan tener una idea lo más exacta posible del objeto o fenómeno en estudio. Ya que para incrementar la objetividad de las observaciones, es conveniente repetir los experimentos, registrarlos y compararlos con los que hayan realizado otras personas sobre el mismo fenómeno (SEP, 1995: 29).

Este último párrafo descarta, sino todo, si gran parte de los propósitos del plan y los programas expuestos en páginas anteriores, ya que con ello esta reduciendo al experimento (como ya se ha mencionado) a ser una actividad de mera repetición, limitando al experimento a ser una actividad de aplicación, y con ello lo limita a ser un mero procedimiento del método científico, además esta identificando al método científico desde una postura positivista, que a lado de los ejemplos extraídos del libro de texto de Física del tercer grado de educación secundaria pareciera ser semejante en cuanto a la estructura que aparece en el esquema de la página 63 de este mismo trabajo, dicho escrito fundamentado en las obras de Mario Bunge lleva a eliminar toda posibilidad de reflexión e imaginación, pero también sirve de pretexto para realizar la interrogante ¿ Existe realmente el método científico?, a lo que Kuhn y Popper, responden cada uno a su manera de forma negativa. Es importante mencionar que una de las conclusiones del capítulo III radica en ver al experimento como un auxiliar en la

demostración de las teorías, en este sentido se le adjudica una función retórica pero no se le adjudica el factor demostrativo de las teorías (Duhem, 1992: 181).

Otra de las situaciones, motivo de discusión, es la forma en la que se encuentra estructurado el propio experimento y es la misma forma en como se sugiere al estudiante lo realice, esta forma de organización se relaciona en gran medida con el esquema presentado en el capítulo tercero, al presentar la propuesta de Mario Bunge sobre la forma en como concibe al Método científico, pues a pesar de los propósitos de no considerar al método científico como algo mecánico y de no querer transmitir un método de esta naturaleza nos permite establecer una relación entre el experimento propuesto por el libro de texto y las categorías de los capítulos anteriores, con todo ello nos remite a elaborar las siguientes cuestiones ¿Dónde queda la reflexión de los alumnos establecida como propósito en los planes y programas de estudio?, ¿Por qué si se quiere formar un alumno con inclinación hacia la ciencia se le propone este tipo de experimento, en donde se da mayor prioridad al uso de los sentidos?, ¿Hasta donde sería posible proponer una forma diferente de concebir al experimento desde la filosofía de la ciencia?, ¿Qué es lo que se está haciendo actualmente sobre esta concepción de experimento en la actual elaboración de un texto?, ahora bien, si el profesor tuviera el acceso a seleccionar el libro de texto de Física, ¿Qué es lo que pediría de éste?, ¿En dónde queda el uso de la razón en esta forma de utilizar al experimento?, si existe una comunidad, como Kuhn la identifica en *la Estructura de las Revoluciones científicas*, entonces, ¿Cómo puede la comunidad identificar las anomalías propias de su paradigma en uso?

A partir de esta situación pueden surgir muchas más de las interrogantes antes planteadas, lo que significa que dicha investigación puede dar para más, pero por el momento lo que más nos ocupa es el hecho de realizar un análisis de la forma en como se usa el experimento en el libro de texto de Física, posiblemente algunos de los párrafos contenidos en el desarrollo del presente

trabajo den respuesta a éstas y muchas otras interrogantes, algunas otras serán motivo de reflexión del lector.

Texto y contexto, es el libro que fundamenta la forma de realizar dicho análisis, de acuerdo a su propuesta existe una categoría la cual recibe el nombre de Tópico de conversación, lo que equivale a identificar de que se esta hablando, desde que perspectiva y en que mundo se esta hablando⁶⁰, luego entonces, resulta conveniente señalar las posibles conclusiones de cual es la concepción que se tiene de Física en los libros de texto, de acuerdo a las situaciones identificadas en él mismo, además resulta conveniente el señalar como lo muestran las páginas anteriores, dicha lectura no se da de manera aislada sino más bien esta concepción es el resultado de la lectura de los materiales manejados comúnmente en las escuelas, quienes integran el contexto del uso del experimento en los libros de texto de Física, de manera general podría considerarse a la Física :

- Como una ciencia que se extrae directamente de la naturaleza sin más actividad intelectual que una posible abstracción.
- Además se considera como una actividad destinada exclusivamente a personas con una inteligencia superior a la de la mayoría de la población.
- El método científico es la única forma de poder llegar al conocimiento científico, y por ende al experimento se le considera como un procedimiento principal para poder demostrar las teorías.
- La experiencia se considera como un proceso interactivo entre los sentidos y la realidad.

⁶⁰ Para el autor de esta propuesta metodológica la existencia de un mundo, equivale a descifrar el contexto en el cual se esta dando el tópico de conversación, motivo de discusión; por tanto es necesario señalar que los mundos no únicamente se encuentran anclados en lo que comúnmente denominamos real (Van Dijk, 1998).

Por tanto mediante los cursos de Física no se ha contribuido a modificar las concepción de Física que se tiene, la cual, como ya se menciona esta presente en los libros de texto. Existen muchas alternativas para poder cambiar esta concepción, pero por la que más se inclina el presente trabajo, es por retomar a la Filosofía de la ciencia, como una posible alternativa, pues a pesar de que la filosofía de la ciencia pudiera ser un recurso útil para ejemplificar la actividad científica y poder así considerar a la Física como una actividad humana, con sus aciertos y errores, en donde no se pretende reducirla a un recuento enciclopédico de sabios y sus descubrimientos, sino más bien se trata de destacar las formas de razonamiento científico, los modos de indagación y de experimentación que condujeron a la elaboración de las teorías o a la fabricación de inventos relevantes, de analizar los intentos fallidos, las explicaciones erróneas o insuficientes, y además de resaltar los desarrollos que marcaron los límites de aplicación o de validez de las teorías. Al mismo tiempo, parece conveniente el señalar que en *El curso nacional de actualización sobre la enseñanza de la Física* se designo un apartado especial para la historia de la ciencia en donde se hace alusión a algunos filósofos contemporáneos como Kuhn con su texto de *La estructura de las revoluciones científicas*, pero no se le ha dotado de la importancia suficiente, ya que solo se han retomado estos textos a manera de resúmenes de las obras sin interpretación alguna. En suma, es necesario reconocer como parte central del trabajo, que puede sostenerse la tesis de que **el experimento es un mero recurso retórico de la ciencia**, más que un mero conjunto de actividades que se realizan por mera repetición. Concebido el experimento de este modo, puede jugarse con las capacidades de interrogación y desarrollo de la imaginación de los estudiantes de secundaria que abordan la clase de física. Porque entonces el experimento ya no es el lugar donde se originan las teorías, sino apenas un espacio, entre otros, donde pueden hallarse las respuestas a las preguntas científicas planteadas por los estudiantes de Secundaria.

BIBLIOGRAFIA

- Allier, Castillo y Fuse. (1999). *La magia de la Física*. Tercer grado. Editorial EPSA. México D. F.
- Bacon, Francis. (1991). *Instauratio Magna, Novum Organum y Nueva Atlántida. Estudio introductivo y análisis de las obras por Francisco Larroyo*. Editorial Porrúa. México.
- Bachelard, Gaston. (1993). *La Filosofía del no*. Amorrortu editores. Tercera reimpresión en castellano. Buenos Aires, Argentina.
- Benítez, Laura. Comp. (1993). *Homenaje a Descartes*. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Bernal, John. (1997). *La Ciencia en la Historia*. UNAM- Editorial Nueva Imagen. Décima sexta reimpresión. México
- Boyle, Robert. (1988). *Robert Boyle: Física, Química y Filosofía Mecánica. Introducción, traducción y notas de Carlos Solís*. Editorial Alianza- SEP. México.
- Bruno, Giordano. (1972). *Sobre el infinito universo y los mundos*. Editorial Tolle Lege Aguilar. Argentina.
- Bruno, Giordano. (1984). *La cena de las cenizas*. Introducción y traducción de notas de Miguel Angel Granada. Editora Nacional. Madrid, España.
- Brunsvicg, León. (1993). *Brevarios del pensamiento filosófico: Descartes*. Editorial Sudamericana. Buenos Aires, Argentina.
- Bunge, Mario (1976). *La investigación científica, su estrategia y su filosofía*. Traducción Manuel Sacristán. Editorial Ariel, Barcelona España.

- Bunge, Mario (1981). *La ciencia su método y su filosofía*. Ediciones siglo veinte; Buenos Aires, Argentina.
- Cohen, Bernard. (1981). *El descubrimiento newtoniano de la gravitación en Ciencia y desarrollo*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- Cohen, Bernard. (1989). *Revolución en la ciencia*. Colección límites de la ciencia. Vol. 18. Editorial Gedisa, México.
- Cohen, Bernard. (1993). *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Alianza Universidad. Madrid, España.
- Cortés, Alejandro. (1999). *Física Práctica 3*. Fernández Editores. México, D.F.
- Chalmers, Alan . (1999). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*. Siglo veintiuno editores, México
- Descartes, René. (1998). *Discurso del Método*. Introducción por Sánchez, Virginia. Ediciones del Quinto sol. México.
- Descartes, René. (1999). *Discurso del Método, Meditaciones Metafísicas, Reglas para la Dirección del Espíritu, y Principios de la Filosofía*. Análisis de las obras y notas al texto por Francisco Larroyo. Editorial Porrúa. México.
- Duhem, Perre. (1992). *The Aim and structure of physical theory*. Atheneum. New York.
- Escohotado, Antonio. (1997). Introducción. *En Principios Matemáticos de Filosofía Natural*. Tecnos. Madrid, España.
- Feyerabend, Paul. (2000). *Tratado contra el método*. Editorial Tecnos. Madrid, España.
- Flores, Pablo. (1995). *El experimento imaginario: un primer acercamiento a sus usos y funciones*. Mimeo.
- Gadamer, Hans-Georg. (1997). *Verdad y Método I*. Ediciones Sígueme. Salamanca.

- Galilei, Galileo. (1981). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Edición preparada por C. Solís y J. Sabada. Editorial Nacional. Madrid, España.
- Galileo y Kepler. (1984). *"El Mensaje y el Mensajero sideral"*. Introducción y traducción Carlos Solís Santos . Editorial Alianza. Madrid, España.
- Hackmann, W. D. (1989). "Scientific instrument: models of brass and aids to discovery", en: Gooding, Trevor, Schaffer (eds.) (1989). *The uses of experiment*, Cambridge University Press.
- Herbert, Butterfield. (1981). *Los orígenes de la ciencia moderna. Ciencia y Tecnología*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México.
- Hume, David. (1973). *Resumen del Tratado de la Naturaleza Humana. Colección Iniciación Filosófica*. Traducción e introducción Carlos Mellizo, Tolle, Lege Aguilar. Buenos Aires, Argentina.
- Hume, David. (1985). *Tratado de la naturaleza humana*. Estudio introductorio y análisis de la obra por Francisco Larroyo. Editorial Porrúa. México.
- Hume, David. (1992). *Tratado de la naturaleza humana*. Tomo I. Editorial Gernika. México.
- Koyré, Alexandre. (1984). *Estudios de historia del pensamiento científico*. 6ª. Edición. Editorial siglo veintiuno editores. México, D.F.
- Kuhn, Thomas. (1996). *La Tensión Esencial*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Kuhn, Tomas. (1995). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura económica. Decimoquinta reimpresión. México.
- Lagemann, Robert. (1986). *Ciencia Física, orígenes y principios* . Editorial Hispanoamericana. México.
- Lakatos, Irme. (1983). *La metodología de los programas de investigación científica*. Alianza Universidad. Madrid, España.

- Lakatos, Imre y Imre. (1975). *La Crítica y el desarrollo del conocimiento*. Editorial Grijalbo. Barcelona España.
- Larroyo, Francisco. (1991). Estudio Introductivo. El advenimiento de la Filosofía Moderna. En *Instauratio Magna, Novum Organum y Nueva Atlántida*. Editorial Porrúa. México.
- Larroyo, Francisco. (1999). Estudio introductivo. Descartes fundador del racionalismo. En *Discurso del Método, Meditaciones Metafísicas, Reglas para la Dirección del Espíritu, y Principios de la Filosofía*. Editorial Porrúa. México
- Lozano, Víctor Manuel (1999). *Prácticas de Física 3*. Editorial Santillana. México, D.F.
- Martínez, José A. (1994). *Colección filósofos y textos: Descartes*. Ediciones del oro. Madrid, España.
- Máximo, Antonio y Alvarenga Beatriz.(1999). *Física 2*. Oxford University Press, México D. F.
- Newton, Isaac. (1977). *Optica o tratado de las reflexiones y colores de la luz*. Introducción, traducción, notas e índice analítico Carlos Solís. Ediciones Alfaguara, Madrid, España.
- Newton, Isaac. (1997). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Estudio preliminar, traducción y notas de Antonio Escohotado. Editorial Tecnos. Madrid, España.
- Oriol, Antonio y Patricia Espinosa. (1994). *Filosofía de la Ciencia*. IPN, México.
- Pérez Ransanz, Ana Rosa. (2000). *Kuhn y el cambio científico*. Fondo de cultura económica, México.
- Pérez Tamayo, Ruy. (1992). *Cómo acercarse a la ciencia*. Editorial Limusa – Noriega, México.
- Pérez Tamayo, Ruy. (1998). *¿Existe el método científico?*. El colegio nacional y Fondo de cultura económica. Colección la ciencia para todos, México.
- Pérez, Héctor. (2000). *Física 3*. Editorial Patria. México D. F.