

Aldo Ramiro Alvarado Ponce

**APROXIMACION COMPARATIVA
A LA EPISTEMOLOGIA DE
FRANK, KUHN Y KOYRE**

Asesor: Dr. Leonel Padilla



Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE HUMANIDADES
Departamento de Filosofía

Guatemala, 1996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Este estudio fué presentado por el autor
como trabajo de tesis, requisito previo a
su graduación de Licenciado en Filosofía

Guatemala, febrero de 1996

INDICE

INTRODUCCION	i
I. LA RACIONALIDAD EN LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA CONTEMPORANEA	1
A. LAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS	4
II. PROGRAMAS DE INVESTIGACION EPISTEMOLOGICA	11
A. EL PROGRAMA INDUCTIVISTA	12
1. Estructura de las teorías inductivistas	13
a. El progreso en las estructuras inductivistas	15
b. Fundamento lógico	17
B. EL PROGRAMA FALSACIONISTA	20
1. Reglas metodológicas	24
a. Procedimientos de contrastación	25
2. Código de honestidad científica	25
C. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION DE LAKATOS	26
1. Características	29
2. Teorías como estructuras	31
3. La ciencia se desarrolla a través de las revoluciones científicas	32
III. PUNTO DE VISTA HISTORICISTA	39
A. EL HISTORICISMO DE KUHN	39
B. INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS HISTORICOS EN LAS TEORIAS CIENTIFICAS	49
1. El historicismo no contempla el surgimiento de una teoría independiente a la historia	51
2. Sistemas históricos	52
3. Desarrollo y progreso científico	53

IV. EL CONCEPTO DE MOVIMIENTO EN LA ANTIGÜEDAD, EN LA EPOCA MODERNA Y CONTEMPORANEA	57
A. TEORIA ARISTOTELICA	58
B. ANOMALIAS QUE SE PRESENTARON EN LA TEORIA ARISTOTELICA Y PTOLOMEICA	62
C. REVOLUCION COPERNICANA	66
1. Movimiento y aceleración en Galileo	69
D. LA MECANICA DE NEWTON	73
1. Dinámica de Newton	74
a. Fuerza y Masa	76
E. ANOMALIAS EN LA FISICA CLASICA	78
F. REVOLUCION EINSTENIANA	82
1. La curvatura del espacio, en la estructura espacio-tiempo	84
G. COMENTARIO FINAL	86
V. CONCLUSIONES	89
A. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION EPISTEMOLOGICA	90
B. EL CRITERIO HISTORICISTA	93
C. SINTESIS	95
D. RECOMENDACIONES	96
BIBLIOGRAFIA	99

INTRODUCCION

Actualmente las diferentes disciplinas académicas tienden a ramificarse en diversas especializaciones; cada área de estudio comprende un gran campo de aprendizaje destinado a satisfacer la diversas necesidades del hombre contemporáneo. Las unidades académicas conducen al estudiante a prepararse dentro de una tradición científica, que se le presenta con una estructura sistemática y coherente, de acuerdo a los fines que persigue cada disciplina.

Toda área de estudio, se compone de una serie de conceptos articulados, de los cuales, un estudiante que participa de este aprendizaje experimenta las leyes que son expresadas formalmente y llega a adquirir las destrezas necesarias para interpretar ciertos fenómenos y solucionar problemas con los instrumentos que le son dados y con los procedimientos metodológicos específicos.

Hasta aquí, el aprendizaje lleva a los estudiantes a pensar y actuar de acuerdo a su especialización de estudio, de manera distinta a como lo hace en su vida cotidiana. Los presupuestos formales generales que ha adquirido para abstraer algunos fenómenos comprende su racionalidad teórica; y los métodos que aplica con los instrumentos a su alcance, comprende su racionalidad técnica. En conjunto aprende el aspecto teórico y el técnico que conforman esa tradición, y que le sirven para tener criterios de validación, según sus propósitos en las investigaciones que realice. Esto es "hacer normalmente ciencia".

¿Qué puede suceder, cuando un estudiante se prepara dentro de un programa de estudios que contemple únicamente el aspecto técnico? Este estudiante podrá resolver problemas inmediatos, cuyos resultados satisfarán una necesidad momentánea, pero no poseerá una racionalidad teórica que le ofrezca la capacidad de elaborar una investigación; en otras palabras, no hará ciencia. Como consecuencia no poseerá criterios de validación para evaluar principios científicos,

y puede aceptar como "científico" un enunciado o creencia que no lo es. Es entonces, donde se precisa orientar la enseñanza, especialmente desde el nivel medio educativo, hacia una formación integral, que incluya paralelamente a la racionalidad técnica, una racionalidad teórica.

La presente tesis intenta esbozar, o mejor dicho, plantear los argumentos que proponen algunas corrientes epistemológicas contemporáneas referentes al problema central de la Filosofía de la Ciencia; el problema de la demarcación entre ciencia y la pseudociencia, y el criterio de evaluación de teorías científicas. Así como un análisis general de la física en torno al concepto de movimiento hasta principios de este siglo.

La historia de la ciencia muestra que la ciencia no ha crecido en forma lineal: su desarrollo se ha estructurado por etapas, las cuales han surgido después de que, en cada una, se marca un cambio en los fundamentos que constituían las teorías de la etapa anterior. Estos cambios son revolucionarios, que han destruido sistemas teóricos para dar paso a otros que les sustituyen. Una perspectiva así, lleva a reflexionar acerca de que la ciencia aún no está terminada, y que en su evolución, *mejora y se supera cada vez más.*

El aparecimiento de nuevas teorías que demuestran la falsedad de las que desplazan, como es el caso de la teoría aristotélico-ptolomeica, no implica que la ciencia se sustente, en un lapso de su historia, en creencias o mitos sin fundamentos. Por el contrario, cada etapa de su evolución se sostuvo por poseer principios que le dieron esa validez, cuya sistematización era coherente dentro de los marcos de referencia que tenía.

Las explicaciones de las revoluciones científicas (que presenta esta tesis), toman dos direcciones aparentemente opuestas: 1) el criterio empírico-racionalista y 2) el criterio historicista.

El criterio empírico-racionalista afirma que el motivo de cambio

I. LA RACIONALIDAD EN LA FILOSOFIA DE LA CIENCIA CONTEMPORANEA

El conocimiento general del hombre ha marcado en el transcurso de la historia su evolución intelectual; las artes, la música y las ciencias muestran ciertos períodos de desarrollo y de avance, y especialmente el conocimiento científico, que es el conocimiento por excelencia. Scientia en latín significa conocimiento. Conocimiento que se ha caracterizado por ser objetivo, por poseer un método y una sistematización cuantitativa, además de ser verificable por la experiencia empírica; específicamente en ciencia natural.

Una definición de ciencia podría rezar así: es una estructura simbólica organizada, de manera integrada, en la cual todos sus elementos se interrelacionan, preferencialmente en términos de modelos matemáticos y donde estas relaciones se ponen en correspondencia con sectores observables del mundo exterior. La objetividad enmarca al objeto del conocimiento en algo que existe en sí, independientemente de las experiencias subjetivas que se tenga de él, aprehende intelectualmente lo que existe en la realidad,

“La objetividad entendida como el desvanecimiento de distorsiones y la propiedad de un saber de estar afinado en puro realismo, se alcanza con la intelección bien lograda, con despejar los errores.”¹

Mediante la objetividad una teoría científica adquiere su validez; validez permanente aún tomando en cuenta las enmiendas futuras que se realice sobre ella al evidenciarse errores en las observaciones y contrastaciones que tenga incluso en sus marcos teóricos.

El hombre ha hecho ciencia para comprender su entorno y para

1. Padilla, Leonel E. “Comunidad epistémica y saber”. Encuentro conmemorativo a la primera cátedra de Filosofía; Antigua Guatemala: h.s.; 20 de octubre de 1994, p. 10.

transformarlo según le convenga, a través de análisis observacionales de la naturaleza misma. Esto lo ha llevado a utilizar instrumentos cada vez más sofisticados que aumentan las posibilidades de profundizar el conocimiento del mundo. Para lograrlo es preciso planificar y replantear objetivos propuestos para buscar respuestas concretas en fenómenos concretos; es decir, el científico actuará de manera premeditada, intencionada y sistemática.

Cuando aparece una nueva teoría, se publica para compartir con la comunidad científica el nuevo descubrimiento o la nueva invención explicativa; los resultados se evalúan y así estas comunidades pueden aprobar o rechazar un aporte de algún investigador individual. Siguiendo a Padilla, "el individuo piensa, pero es el grupo quien sanciona y legitima."² Con esto se pretende destacar el comportamiento que asume la comunidad científica con relación a la producción de conocimientos y a la interacción comunicativa e informacional entre sus miembros.

Considerando las características mencionadas, Hodgson escribe:

"Podría darse una definición amplia de ciencia diciendo que la ciencia es el cuerpo integrado de conocimiento principalmente cuantitativo, construido por los esfuerzos dinámicos del hombre para comprender su entorno y a sí mismo de manera sistemática y comunicable."³

Phillip Frank separa dos niveles de abstracción del discurso al referirse a la ciencia: el primer nivel es el de la experiencia cotidiana del sentido común, que describe realidades inmediatas, como el comparar pesos, medidas, tamaños, a pesar de que en ocasiones hay quienes piensan que hacer este tipo sistemático de observaciones es ya hacer ciencia. El segundo nivel al que se refiere Frank es el de

2. Ibid., p. 5

3. Hodgson, Peter. "Presupuestos y límites de la ciencia". Estructura y desarrollo de la ciencia. Ed. por G. Radnitzky y G. Andersson; Madrid: Alianza Editorial, S.A.; 1984, p. 132.

revolucionario en la física es de origen extrahistórico, en esta tesis se presentan tres epistemologías: a) la epistemología inductivista cuyo criterio de verdad se sustenta en los hechos probados, y el problema de la demarcación lo aborda desde este principio; b) la epistemología falsacionista que su metodología difiere de la inductivista por hacer una propuesta lógica deductiva en el análisis de teorías, en lugar de verificar y justificar una teoría, se intentará falsarla con algún enunciado que la refute; y 3) la metodología de los programas de investigación científica que propone Lakatos ve en cada teoría un programa de investigación, cuyas características se enmarcan dentro del campo puramente científico y coloca las explicaciones psicológicas y sociales en un segundo plano. Desde mi punto de vista, la epistemología de Lakatos visualiza a la ciencia empírica, con el criterio más adecuado a la historia “real” de la ciencia, porque filosóficamente es más esclarecedor, da más confianza al fundamento de la razón, fortaleciéndolo y puede dar cuenta de los cambios y del progreso.

El criterio historicista que se expone, presenta la tesis de Kuhn y Hübner como contraria a las epistemologías anteriormente citadas. El concepto de racionalidad científica y de cambios revolucionarios en ciencia, difieren del criterio empírico-racionalista; primero en considerar la racionalidad relativa a la situación histórica, y segundo, en no atribuir las causas de los cambios revolucionarios a razones internas de las teorías, sino a motivos históricos, situando a la ciencia como parte del conjunto de sistemas que estructuran la historia. Su importancia se orienta a la reflexión que nos lleva sobre los condicionantes sociológicos que antes se ignoraban o rechazaban; esto es, que los historicistas hicieron ver el peso de las circunstancias, la subjetividad y la invención de teorías en la selección de las mismas.

Los objetivos que persigue esta tesis se pueden resumir en: plantear los problemas de estudio de la Filosofía de la Ciencia; describir algunas corrientes contemporáneas en relación a estos problemas; y esbozar el desarrollo de la física en torno al concepto de movimiento, desde la Antigüedad hasta la revolución einsteniana.

“realidades más altas” al de los principios generales, nivel en el que se encuentran teorías que describen o formulan leyes generales, cuyo lenguaje es distinto al de la experiencia cotidiana, “La ciencia, esencialmente está constituida por estos principios generales.”⁴ Por lo que la ciencia formula leyes que explican los fenómenos, de manera que estas leyes sean capaces de ser comprobadas mediante la observación de los hechos y la experimentación; y también de poder predecir, con algún grado de probabilidad el acontecer futuro.

La explicación científica se considera como una hipótesis y es aceptada en la medida que se presenten pruebas de ella. Estas pruebas se refieren a la experiencia empírica, a la observación directa o indirecta; y los criterios utilizados para evaluar este tipo de explicación son enumerados por Copi de la siguiente manera:

“1) Atinencia, 2) posibilidad de ser sometida a prueba, 3) compatibilidad con hipótesis previas confirmadas, 4) poder predictivo o explicatorio y 5) simplicidad.”⁵

Los criterios mencionados refieren a la manera sistemática propia de la ciencia natural, y sus exigencias de carácter descriptivo, explicativo-verificable y predictivo, por lo que se habla de conocimiento genuino. La utilidad del saber científico también involucra el nivel teórico, que lo hace propio del hombre por ser racional, ya que advierte la gran necesidad de saber, por el saber mismo, y en ello radica justamente su utilidad virtual.

La ciencia entonces se hace dinámica, involucrando entidades y procesos que intervienen en la comprensión de la composición y la organización del mundo.

El método experimental (como criterio del conocimiento científico)

-
4. Frank, Phillip. Filosofía de la Ciencia. El eslabón entre la ciencia y la filosofía. México: HERRERO HERMANOS Y SUCESTORES, S.A.; 1965, p. 2.
 5. Copi, Irving. Introducción a la Lógica. 4a. ed.; Buenos Aires: EUDEBA; 1974, p. 488.

se empezó a utilizar en física desde el siglo XVII con Galileo, quien se interesó por el aspecto medible cuantitativamente del Universo al analizar el movimiento de los cuerpos, midió el tiempo de oscilación de un péndulo; esto lo hizo comparándolo con los latidos de su pulso, y observó que aún cuando las oscilaciones eran menores, el tiempo de oscilación era siempre el mismo. Concluyó a través de la experimentación, que el tiempo de oscilación de un péndulo dependía de la longitud de la cuerda que sostenía el cuerpo y no del peso del cuerpo suspendido por el extremo de la cuerda. Por lo que, tanto un cuerpo ligero como otro pesado, tardan lo mismo en caer en el péndulo, y que el tiempo de un cuerpo como el tiempo de otro es el mismo al caer desde una posición más alta a otra más baja, ambos caerían simultáneamente, resultado que contradecía a la autoridad aristotélica de esa época. Este es un modo de proceder que constituyó la base del método experimental en la revolución de la física del siglo XVII. Otra contribución de Galileo a la ciencia moderna fue la utilización de un telescopio rudimentario para observar los cuerpos celestes descubriendo las lunas de Júpiter. Galileo pensó que de la misma manera la luna terrestre podría girar alrededor de la tierra, y ésta a su vez alrededor del sol; propuesta hecha por Copérnico muchos años antes. El método experimental de Galileo transformó la imagen animista y geocéntrica del mundo que se tenía en el medioevo, en una imagen mecanicista y heliocéntrica, y con ello dio origen a la ciencia tal como se concibe ahora.

A. LAS REVOLUCIONES CIENTIFICAS

Los cambios de la imagen del mundo, que se han experimentado en la historia de la ciencia, marcaron transformaciones drásticas en los conceptos de ciencia que se utilizaba para las explicaciones; Kuhn menciona a Copérnico, Newton, Lavoisier y Einstein, asociándolos en los puntos de viraje del desarrollo científico. Cada imagen establece esquemas de interpretación del modelo que lo caracteriza, y la función del científico es investigar dentro de ese esquema regularidades propias del mismo para la solución exitosa de problemas,

“Cualquier fenómeno constituye potencialmente un objeto apto para la ciencia, pero sólo es aceptado como tal cuando las regularidades se hacen evidentes, preferentemente en forma mensurable, y que encajen en algún sistema teórico. Ello es evidentemente así en la investigación de los cuerpos inanimados y de los organismos vivos y, hasta cierto punto, también en los fenómenos psicológicos.”⁶

Pero a lo largo de la historia de la ciencia, los sistemas teóricos que diseñan leyes generales han llegado a límites que, al presentarse ciertas anomalías en su capacidad de solución y predicción, rompen con la confianza depositada en la forma tradicional de resolución de problemas, surgiendo así una etapa de crisis que eventualmente conducen a adentrarse a un campo diferente de investigación. Con esto, aparecen nuevas propuestas para explicar dichas anomalías. De estas nuevas propuestas resultan teorías que poseen características distintas y cuya aceptación por la comunidad epistémica, podría plantear interrogantes como los siguientes: ¿será el desplazamiento de un sistema conceptual por otro, debido a la incompatibilidad interna entre los conceptos básicos que intervienen entre la teoría anterior y la nueva? ¿Será el desplazamiento de una teoría por otra, debido a que ciertos hechos o experimentos no se pueden explicar dentro del sistema conocido, ni se pueden reducir a proposiciones básicas en las teorías coexistentes? ¿O es que el proceso de cambio se produce por una ruptura drástica entre teorías rivales que no contienen entre ellas elementos de continuidad?

La aceptación de teorías nuevas que generan un cambio en la imagen del mundo, determinan una revolución científica, hecho que ya no compete a la física, sino a la Filosofía de la Ciencia. La interpretación que hace Kuhn de las revoluciones científicas se connota bajo la noción de “incommensurabilidad”. Este concepto significa el carácter irreductible, entre una teoría nueva que supera a una anterior en el poder explicativo, conteniendo un aumento o adición acumulativa de capacidad integrativa, comprensiva y

6. Hodgson, Peter, op. cit., p. 137

congruencia deductiva. Los cambios revolucionarios

“Ponen en juego descubrimientos que no pueden acomodarse dentro de los conceptos que eran habitualmente antes de que se hicieran dichos descubrimientos. Para hacer, o asimilar, un descubrimiento tal, debe alterarse el modo en que se piensa y describe un rango de fenómenos naturales.”⁷

El eje de esta epistemología es la noción de “paradigma”, la cual provee un método así como un valor para la investigación en Filosofía de la Ciencia. Un paradigma puede formar una o más teorías que definen los tipos de investigación, el desarrollo de los mismos y su aprobación con consenso regular en lo que Kuhn llama un período de ciencia normal. En este período, la racionalidad y el progreso se garantizan por el paradigma mismo, se mantienen por criterios dados que, según Kuhn, son históricos. Por esto, para Kuhn, el progreso es el desarrollo de los paradigmas que regulan la ciencia; y la racionalidad la establece el paradigma vigente.

Según el pedagogo mexicano Raúl Alcalá, los motivos por los que Kuhn considera que se acepta una teoría en tiempos de un cambio revolucionario son:

“por convencimiento, por la buena propaganda que tenga y, por qué no, por la imposición de una moda a través de las revistas, incluso aquellas no especializadas.”⁸

El cambio conceptual en una revolución científica, según Kuhn, es repentino y no estructurado, la alteración de una *gestalt* perceptiva, porque el nuevo esquema explica las anomalías que llevaron a crisis a la ciencia normal anterior. No se concibe esa crisis como una deliberación o interpretación pasiva del científico, sino como una ruptura en el proceso histórico, “Ningún sentido ordinario del término

7. Kuhn, Thomas. ¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos. México: Paidós/I.C.E.-U.A.B.; s.f., p.59

8. Alcalá Campos, Raúl. “La Discusión Lakatos-Kuhn”. ENEP Acatlán, México: s.f., p. 81.

interpretación se ajusta a esos chispazos de la intuición por medio de los que nace un nuevo paradigma.”⁹ Porque la interpretación se desarrolla dentro de un paradigma, los datos se interpretan y los instrumentos se construyen para ello. El cambio de forma obligará a no poder leer datos contruidos con el procedimiento anterior, aunque puede ser que los incorpore gradualmente al nuevo paradigma que contendrá una promesa de mayor fuerza en la resolución de problemas.

Esta corriente de la interpretación de racionalidad científica, en la filosofía contemporánea, define ésta como una descripción de lo que ha acontecido en la historia del desarrollo científico, con ayuda de la cual se establece si es racional o no el comportamiento científico en un lapso histórico determinado. Este historicismo extremo pone en duda el criterio de una racionalidad universal y ahistórica que daría elementos de juicio para juzgar una teoría con respecto a otra, en el decurso de la historia de la ciencia, si ella ha de tomarse como verdadera, como aproximadamente verdadera o como probablemente verdadera. El racionalismo como es sabido, valora altamente esta última perspectiva.

La importancia de señalar estas dos tendencias de análisis de la ciencia que aparentemente son opuestas, sirve de base para la valoración misma de la ciencia, para la elección de una o más teorías y para demarcar la ciencia de la pseudociencia.

El criterio racionalista contempla el establecimiento de normas de comportamiento científico que permite la distinción entre lo racional y lo irracional, a diferencia de Kuhn que lo ve establecido por la comunidad científica vigente en cada período de ciencia normal, el racionalismo lo marca de manera permanente, como lo presenta Lakatos, a lo largo de todo su programa de investigación, que ofrece explicaciones del desarrollo del conocimiento objetivo bajo este criterio, por medio de una metodología normativa que el investigador de la ciencia utiliza, para reconstruir la historia interna o historia

9. Kuhn, Thomas. La estructura de las revoluciones científicas. México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA; 1982, p. 193.

intelectual,

“El término normativa ya no significa reglas para llegar a soluciones, sino meramente directrices para la evaluación de soluciones que ya están ahí.”¹⁰

Afirmando que dos teorías rivales pueden ser evaluadas con la ayuda de la historia externa o historia social de manera normativa, es decir que “cualquier reconstrucción racional de la historia necesita ser complementada con una historia externa (socio-psicológica) empírica.”¹¹ La historia interna es fundamental para la reconstrucción de la historia de la ciencia, mientras que la historia externa es secundaria.

Las razones que tiene el investigador para elegir un programa de investigación en lugar de otro, en sentido de Lakatos, se encuentra en que uno es más progresista que otro,

“Un programa de investigación es mejor que un rival si es más progresista, dependiendo la naturaleza progresista de un programa de su grado de coherencia y de la medida en que lleva a nuevas predicciones satisfactorias.”¹²

Expresa que una teoría nueva explica lo que otra (a la que supera) explicaba y que además, tiene un excedente empírico corroborado, excedente de poder explicativo con relación a la teoría anterior. Para Kuhn basta con la promesa, para Lakatos con la corroboración futura. Es decir que, para Lakatos, el criterio universal de cientificidad es una conjetura que se puede comprobar confrontándola con la historia de la ciencia,

10. Lakatos I. y A. Musgrave. Crítica y conocimiento. Barcelona: EDICIONES GRIJALBO, S.A.; 1975, p. 492.

11. *Ibid.*, p. 456

12. Chaimers, Allan. “Racionalismo contra relativismo”. ¿Qué es esta cosa llamada ciencia?. 8a. ed. en español; México: Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.; 1989. p. 148.

Otra por los valores de la comunidad científica, como lo es la precisión, exactitud en las predicciones, sencillez, coherencia, utilidad, etc., que habitualmente catalogan los filósofos de la ciencia. Criterio que parece irracional (la aceptación de una teoría por estar de moda) y arbitrario (porque relativiza el carácter del conocimiento científico al paradigma vigente), esto obedece únicamente a factores de la historia externa.

B. INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS HISTORICOS EN LAS TEORIAS CIENTIFICAS

El historicismo considera que el valor epistémico de los principios y postulados que elaboran los teóricos en ciencias debe medirse desde el punto de vista histórico. Según este criterio, el trabajo que hace el investigador de la historia complementa el trabajo del investigador de la ciencia de manera que el material histórico puede servir de punto de partida para la teoría de la ciencia. Dicho criterio se fundamenta en la aceptación de los principios científicos como estipulaciones que funcionan como el recurso de las teorías científicas que influyen sobre los hechos empíricos; estos establecen mediciones, determinan constantes y fundamentan en sí las leyes naturales, por eso hacen posible que una teoría dentro de un paradigma tenga los mismos resultados en cada experimento.

El desarrollo de una tipología de estipulaciones y sus relaciones se hace en base a hechos históricos. Los valores que para Kuhn constituyen una comunidad científica y que son aprobados por la misma, podrían perfilar una tipología de estipulaciones en Hübner. La tipología de estipulaciones puede comprender la sencillez, la claridad, el que se cumpla determinados principios causales como probables concepciones normativas en las finalidades científicas, tanto pragmáticas como otras que puedan existir detrás de una teoría científica; considerando la historia para explicar y fijar los puntos de partida de las reglas, los métodos utilizados, así como los principios formulados que se relacionan sistemáticamente en las teorías. El

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



papel que juega la historia condiciona el carácter relativo de las premisas científicas, cuya discusión, con este criterio, no puede ser de manera absoluta.

Una serie de estipulaciones contingentes conforman una determinada tipología que sostiene las bases utilizadas para la construcción y evaluación de teorías. Hübner divide las estipulaciones en instrumentales, funcionales, axiomáticas, judicativas y normativas, en las cuales influye el carácter histórico en una teoría.

Las estipulaciones instrumentales pueden conducir a la obtención de resultados de medición, y establecer la validez y funcionamiento de los instrumentos utilizados en una determinada teoría; como lo sería el enunciar que los cuerpos sólidos se rigen por las leyes de la geometría euclídeana. Por ejemplo: las estipulaciones instrumentales que se analizan en la física aristotélica son sensoriales, por ser los órganos de los sentidos los instrumentos de medición utilizados.

Las estipulaciones funcionales se utilizan para formular funciones o leyes naturales sobre bases de medición y observación; la obtención de una fórmula a partir de una serie de datos de medición podría ejemplificarlas.

Las axiomáticas introducen los axiomas, de los cuales se pueden derivar leyes naturales y constituyen el núcleo de una teoría, son suposiciones acerca de leyes fundamentales de un sistema natural y de las reglas fundamentales de un sistema histórico.

Las judicativas deciden el rechazo o la aceptación de teorías sobre la base de los hechos interpretados. Para ello, debe existir un conjunto de reglas que indiquen cómo se hace la decisión de considerar una hipótesis falsada o verificada.

Y las normativas dicen qué es lo que pertenece a cada teoría científica, prescripciones hechas acerca de las propiedades que debe poseer una teoría.

El orden de primacía que las estipulaciones deben llevar dependerá del surgimiento de la teoría en una determinada época, como por ejemplo, la influencia que tuvieron la teología y la metafísica sobre la física hasta Newton.

1. El Historicismo no contempla el surgimiento de una teoría independiente a la historia.

Las condiciones del origen de una teoría son de naturaleza psicológica e histórica. Psicológica porque se refiere al acto subjetivo, la creación u ocurrencia del científico que interpreta su teoría; e histórica por la derivación o explicación de sus fundamentos, de los motivos para su fundamentación en la formulación de sus axiomas.

La posición historicista se resume en el planteamiento de Hübner que no acepta la prueba empírica sobre los hechos de manera extrahistórica, y de no considerar el desarrollo científico independiente a la historia,

“Por las siguientes razones, el optimismo científico empírico-racionalista se basa en una ilusión:

- 1) no existen ni hechos científicos absolutos ni principios absolutos sobre los cuales pudieran apoyarse las ciencias,
- 2) la ciencia no proporciona necesariamente una imagen permanentemente mejorada y ampliada de los mismos objetos y del mismo contenido empírico, y
- 3) no existe la menor razón para suponer que la ciencia, en el curso de la historia, se acerca a una verdad absoluta, es decir, a una verdad que sea independiente de la teoría.”⁵⁹

Hübner expone que si como principios se entiende que son las estipulaciones ya descritas, afirma que no hay hechos absolutos ni principios absolutamente válidos que puedan apoyar teorías científicas, porque las aseveraciones de hechos y los principios dependen de las teorías y son solamente parte de ellas, son seleccionados y tienen

59. Hübner, Kurt. Crítica de la razón científica. Barcelona: Editorial Alfa, S.A.; 1981, p. 129.

validez dentro de marcos de referencia que ya están dados, o dentro del período en ciencia normal. Si se hace esta consideración, entonces los hechos científicos dependerían de las teorías y variarían de acuerdo a ellas. Esta inferencia apoya a la afirmación que hace Hübner en que la ciencia no proporciona una imagen permanentemente mejorada del mundo, porque la ciencia no mejoraría necesariamente en su desarrollo, cuando se refiere al conocimiento de los mismos objetos, o cuando estudia un mismo hecho. Este punto puede ser discutido si tan sólo se analiza el desarrollo de la ciencia en los últimos veinte años y el consiguiente desarrollo tecnológico.

La sustitución de una teoría desplazada por otra considerada mejor, toma en cuenta el contexto teórico. Por ejemplo: la física einsteniana utiliza expresiones de espacio y tiempo que connotan cosas distintas que lo que significaban para la física newtoniana. Esta argumentación afirma que no existen hechos que sean nuevos, sino que los mismos siempre son descubiertos dentro de las nuevas teorías. De la mecánica del siglo XVII se descubrió nuevas leyes del movimiento; la física aristotélica era concebida de manera diferente y la nueva visión de la naturaleza fue mecánica. Según esto, lo nuevo no se puede considerar como una ampliación o mejoramiento de lo anterior, sino que el surgimiento de lo nuevo se compara con el surgimiento de un mundo interpretado de manera distinta, cuyos contenidos han sido modificados.

2. Sistemas históricos.

Los hechos y principios científicos dependen de la situación histórica.

Desde el punto de vista historicista los hechos no son independientes de la historia, por el contrario, éstos dependen de la situación histórica. Una situación histórica refiere al espacio temporal histórico dominado por un conjunto de sistemas, en otras palabras, el conjunto de sistemas que caracteriza una determinada época histórica ejerce el poder determinante sobre los hechos y principios. La situación

“La metodología de los programas de investigación predice (o, si se prefiere, posdice) así hechos históricos nuevos e inesperados a la luz de las historiografías (internas y externas) existentes y confío en que estas predicciones se verán corroboradas por la investigación histórica. En caso de serlo, la metodología de los programas de investigación científica constituirá entonces en sí misma un cambio de problemas progresivo.”¹³

Las metodologías utilizadas para la reconstrucción racional de la historia de la ciencia, cada una con criterios de verdad específicos, proponen una fórmula epistemológica integral del desarrollo científico; en el siguiente capítulo describiré algunas de ellas.

13. Lakatos I. y A. Musgrave. Crítica y conocimiento. Barcelona: EDICIONES GRIJALBO, S.A.; 1975, pp. 486-487.

II. PROGRAMAS DE INVESTIGACION EPISTEMOLOGICA

La actividad científica se puede analizar desde el estudio de los resultados de la misma y de su actividad como tal, es decir, que la ciencia no acumula únicamente observaciones o creencias: como conocimiento genuino estructura el desarrollo intelectual del hombre, y su reconstrucción racional puede hacerse desde el análisis de los resultados de la ciencia, a lo que el filósofo mexicano Carlos Pereda llama "programas elementales", los cuales "reconstruyen normativamente cómo se debería haber llegado a esos resultados si se hubiera procedido (lo que ellos consideran como) *racionalmente*".¹⁴ Los programas, según Pereda, prescriben cómo debe ser el conocimiento científico y tienen tres características básicas: una de ellas propone una homogeneidad en el conocimiento científico; otra es el poseer criterios generales que califican y distinguen el conocimiento científico de lo que no lo es, de la pseudociencia; y la última es que atienden a la estructura lógico-metodológica del proceso del conocimiento científico.

Estos programas elementales son las metodologías llamadas también teorías de la racionalidad científica que Lakatos describe:

"Las metodologías modernas o *lógicas de la investigación* sólo consisten de un conjunto de reglas (posiblemente no bien articuladas y, desde luego, no mecánicas) para la *evaluación* de teorías ya propuestas y articuladas."¹⁵

Estas reglas aceptan o rechazan teorías científicas auxiliándose de un código de honestidad que no se puede infringir y funcionan como

14. Pereda, Carlos. "Utopías lógico-metodológicas". Ponencia presentada en el II Coloquio Nacional de Filosofía. Monterrey; 1977, p. 183.
15. Lakatos Imre. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza Editorial; 1989, p. 138.

núcleos de programas de investigación epistemológica e historiográfica.

Cabe mencionar algunas metodologías y sus características que las hacen particulares. El empirismo lógico y el racionalismo crítico, así como la metodología de los programas de investigación de Lakatos, reconstruyen la historia de la ciencia, cada una con un criterio específico que las distingue entre ellas, pero ese criterio puede considerarse equivalente en cuanto a su función: satisfacer la aspiración de cada metodología, de poder dar condiciones necesarias y suficientes para calificar y validar un conocimiento científico.

A. EL PROGRAMA INDUCTIVISTA

La metodología inductivista se caracteriza por aceptar un enunciado como científico si es demostradamente cierto, o si parte de otro enunciado que haya sido inductivamente o deductivamente demostrado. El filósofo de la ciencia adscrito al inductivismo comienza su reconstrucción de la historia a partir de bases empíricamente dadas; los enunciados fácticos puros y las generalizaciones inductivas constituyen su historia interna; utiliza la lógica moderna para interpretar la estructura del conocimiento científico.

Según este criterio una teoría debe ser aceptada si ésta es verdadera; que sea verdadera para el inductivista significa que la teoría esté de acuerdo con los hechos observados, que se pueden inferir lógicamente de ella; no considera ninguna posibilidad de ser influenciada por otras áreas, de orden social, político o psicológico, porque entonces ya no estaría dentro de la ciencia. Una revolución científica en este contexto no es más que un evidenciar los errores, o reconocer la irracionalidad de los predecesores, y así el progreso científico comienza en las mismas revoluciones científicas. Un ejemplo aducido por el epistemólogo inductivista son los paradigmas de las generalizaciones de Kepler a partir de las observaciones de Ticho Brahe, quien comprobó que el sistema de Copérnico no se adaptaba satisfactoriamente a sus mediciones. Estos datos tabulados fueron

utilizados por Kepler para realizar ciertas correcciones al modelo copernicano que lo llevó a descubrir sus tres leyes del movimiento de los planetas que se enuncian en el capítulo IV de esta tesis. Se establece entonces la Mecánica Celeste. Estas leyes vienen a ser una descripción del movimiento planetario por lo que constituyen la cinemática del Sistema Celeste. Años más tarde Newton observó que las órbitas de los planetas eran curvas y consideró que los planetas estaban sujetos a una fuerza centrípeta, admitiendo que sus leyes del movimiento también eran válidas para los cuerpos celestes.

El inductivismo ha sido una de las más influyentes metodologías en ciencia, las corrientes positivistas iniciadas por Augusto Comte en el siglo XIX son los mayores exponentes del inductivismo, que continuaron en el siglo XX con Avenarius y Mach, quienes creían que la metafísica debía ser eliminada de la ciencia porque la consideraban superflua, también son exponentes de esta tendencia el Círculo de Viena en los años veinte y la filosofía analítica, cuyo criterio se sustenta a partir de la experiencia física sensible, de los hechos, como único medio de verificación donde lo físico es lo empírico.

Los grandes autores de esta escuela, entre muchos otros, son: Rudolf Carnap, Hans Reichenbach, Alfred Ayer, en alguna forma, el primer Carl Hempel, así como Phillip Frank de quien se hace referencia directa en esta tesis.

1. Estructura de las teorías inductivistas.

La ciencia parte de la experimentación verificable para la elaboración de tesis, teorías y leyes; le interesa la descripción de lo que ocurre y no el porqué ocurre un fenómeno; por lo tanto, la investigación científica obtiene principios y descripciones que tienen validez a partir de la observación. Pero sólo esta observación de hechos no sustenta un conocimiento científico, por repetidas que las observaciones sean, se les sitúa en el nivel de la experiencia del sentido común; este tipo de observación en principio se considera idéntico al de la experiencia cotidiana; aquí entran los informes estadísticos, informes de laboratorio

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

y mediciones físicas. Es a partir de este momento, cuando se da el paso de estas observaciones hacia pautas cuantificadas de descripción, dejando atrás la percepción sencilla y simple, que se puede hablar de ciencia. La teoría explicativa comprende esas pautas de descripción que describen fenómenos o hipótesis que han sido confirmadas dentro de un esquema determinado; por ejemplo, la velocidad uniforme, la aceleración constante, o la teoría de la gravitación. Un esquema de descripción es el conjunto de reglas, inventadas por el hombre, antes de comprobarse o verificarse la teoría explicativa, y sirve para decir o enunciar, bajo qué condiciones se cumple esta teoría. Los esquemas de descripción son convencionales y aluden a variables como el movimiento uniforme, el movimiento acelerado, o la combinación del movimiento uniforme con el movimiento acelerado.

El método científico de los siglos XIX y XX, se gestó dentro de una lógica de la investigación de inspiración inductivista, cuya característica es pasar de lo cognoscible directamente, la observación de los hechos como experiencia sensible, a lo inteligible, es decir, a la reflexión y construcción de estructuras conceptuales matemáticas o geométricas, a las que se les busca, en una fase subsecuente, correlato experimental.

Los conceptos en física, se obtienen por definiciones operacionales. Estas son reglas semánticas que funcionan como vínculos entre los conceptos abstractos y los términos de la observación, y su análisis, según Frank, pertenece a la lógica de la ciencia,

“El procedimiento de la ciencia moderna combina los métodos de las conclusiones lógicas estrictas con el de la observación sensible, al confinar las deducciones lógicas dentro de un sistema formal (axiomas y teoremas) y al producir el objeto de las observaciones sensibles mediante la aplicación de definiciones operacionales a este sistema formal.”¹⁶

16. Frank, Phillip. *Filosofía de la Ciencia*. El eslabón entre la ciencia y la filosofía. México: HERRERO HERMANOS Y SUCESORES, S.A.; 1965, p. 90.

Por ejemplo, el concepto de densidad tiene significado si se puede definir operacionalmente. Una definición operacional tiene que describir un conjunto de operaciones físicas, que se llevarán a cabo para atribuir, en cada caso específico, un único valor determinado al concepto. Expresiones como: la densidad de un cuerpo sólido, debería contener las definiciones operacionales de masa y volumen; por lo tanto, sólo en circunstancias favorables puede describirse un conjunto de operaciones que proporcionen la definición en cada caso particular; para ello es necesario conocer las leyes físicas y definir el esquema de descripción al que se refiere.

En este esquema de interpretación las teorías científicas se aceptan en virtud de sus consecuencias, es decir, se acepta una proposición si se puede deducir, de ésta, resultados susceptibles a la comprobación mediante observación, y este es el único criterio de verdad para el inductivismo.

Frank describe tres etapas de la ciencia moderna en la interpretación de la naturaleza; en la primera se aceptó teorías porque estaban de acuerdo con hechos observables, pero se las consideró como leyes descriptivas ya que no se podían deducir de principios inteligibles, esta etapa comprende la transición de la teoría organicista del movimiento a la mecanicista. Una segunda etapa, donde las leyes por su explicación mecánica adquirieron fama de ser evidentes por sí mismas e inteligibles, porque comprendían definiciones abstractas que respondían a objetivos prácticos. Y la tercera ya en el siglo XX cuando una teoría como la de la relatividad o la mecánica cuántica son aceptadas por sus resultados prácticos (la construcción de la bomba atómica y los artefactos de la tecnología actual lo ejemplifican), pero que no son inteligibles.

a. El progreso en las estructuras inductivistas.

Una revolución científica manifiesta la evidencia de los errores existentes en la teoría que se ha desplazado, aunque los errores son consustanciales a la ciencia, el apareamiento de éstos marca el

posible cambio y un posible rechazo de la teoría dentro de la historia de la ciencia.

La comunidad de científicos atiende a dos criterios para practicar y aprobar las actividades dentro de su dominio, "la conformidad con las observaciones" y "la simplicidad"; aunque esto parezca una epistemología congruente de fácil manejo, no lo es. Las teorías no necesariamente concuerdan con todas las observaciones y tampoco poseen un grado de simplicidad perfecta. Aquí para cada caso individual, la selección de una teoría relacionará ambos criterios, y procurará ver en la teoría la capacidad de generalizar otros hechos,

"La razón más poderosa para la aceptación de una teoría, rebasando el criterio científico en su acepción más estrecha (concordancia con la observación y simplicidad de la pauta matemática) es su susceptibilidad para ser generalizada, para constituirse en base de una nueva teoría que no se derive lógicamente de la original y que permita la predicción de un mayor número de hechos observables."¹⁷

El análisis de la primera revolución científica muestra que el sistema copernicano es más acorde a los hechos y es más simple que el sistema ptolomeico, no obstante, el criterio de "conformidad con los hechos observados y la simplicidad", no dio respuestas inmediatas para la adopción del sistema copernicano. El obstáculo más grande que se presentaba, al elegir una teoría más simple y concorde a los hechos en el siglo XVI, era la interpretación de esa simplicidad que se centraba en la autoridad aristotélica, el predominio de principios inteligibles de las leyes generales del movimiento del pensamiento medieval, acorde a la teoría del orden natural del mundo.

La simplicidad del sistema copernicano no era suficiente para aceptar dicha teoría, porque prevalecía el esquema natural del mundo interpretado desde un ángulo más general dirigido por la teología, de

17. Frank, Phillip. "Las razones para aceptar las teorías científicas". De Cuadernos del seminario de problemas científicos y filosóficos. UNAM 1; 1957, p. c1-4.

la cual, la física era sólo una parte; el aceptar la teoría heliocéntrica implicaba abandonar las leyes del movimiento que eran consideradas como evidentes por sí mismas y adoptar leyes del movimiento nuevas que, para este criterio, eran extrañas e implausibles.

Otro problema que encontraba el sistema copernicano era la tendencia de explicar y ver los principios de la ciencia relacionándolos, en lo posible, con experiencias de nuestra vida cotidiana, una interpretación encausada al lenguaje del sentido común. Este modo de explicación era por analogía antropológica: comparar los fenómenos naturales con las acciones humanas.

También se presentaba como obstáculo la concepción aristotélica de la naturaleza heterogénea entre los cuerpos estelares y los cuerpos terrestres. Para los aristotélicos los cuerpos terrestres tendían a caer hacia el centro de la tierra y los brillantes cuerpos celestes, tendían por su naturaleza, a un permanente movimiento circular alrededor de la Tierra. Situar a la Tierra como parte de esos planetas era algo no-natural y fuera del sentido común. La teoría heliocéntrica y las leyes de Newton poseen una forma simple, cuando se toma al sol como sistema de referencia y no a la Tierra, pero la decisión de aceptar la teoría copernicana se hizo hasta que las leyes de Newton aparecieron.

b. Fundamento lógico.

La forma tradicional del trabajo en ciencia se separaba en dos áreas, una que era el trabajo del descubrimiento y confirmación de generalizaciones, propio de los lógicos; y otra que se refería a las teorías cuyo tratamiento era el metodológico de los científicos prácticos. Según Harré el problema lógico de la ciencia conlleva la práctica científica: "porque la lógica del descubrimiento y la confirmación es la generalización de la metodología de las ciencias."¹⁸ Ya se mencionó que los propósitos de las teorías científicas se centran en la comprensión de los fenómenos de la naturaleza; esto lleva al discurso científico a

18. Harré, R. Introducción a la lógica de las ciencias. Barcelona: editorial labor, s.a.; 1967, p. 110.

formular las regularidades de eventos específicos, de manera sistemática y fundamenta estas formulaciones con hechos probados; también a codificar y condensar toda información que se tiene a disposición acerca del mundo, delimitando los términos de los datos observados para predecir, en el futuro, nuevas situaciones o nuevos eventos que contengan esas regularidades.

La fundamentación del discurso científico es una fundamentación lógica; el modelo habitual que se utiliza para comparar con él otras clases de razonamiento es la deducción simple, en que la conclusión se infiere de las premisas, estableciéndose una regla cuyo argumento que la sigue es válido.

Este tipo de argumento deductivo puede servir para llegar a una conclusión desconocida; dadas las premisas y la regla, se infiere la conclusión y se puede hablar de procedimiento del descubrimiento. También puede utilizarse este argumento para determinar la verdad de una conclusión si se determina la verdad de las premisas, porque en una argumentación válida, si las premisas son verdaderas, la conclusión también deberá serlo; entonces el procedimiento será de confirmación.

La utilización de la deducción resuelve, a la vez que un procedimiento de descubrimiento, un procedimiento de confirmación, porque al llegar a una conclusión por medio de una argumentación válida que parte de premisas verdaderas, se conoce la forma de la conclusión y se sabe que es verdadera.

Ahora bien, en ciencia las explicaciones se contemplan como hipótesis que pueden ser más o menos probables y solamente se le acepta en la medida que hay pruebas. La categoría de hipótesis, la verdad o falsedad, no se define hasta que las pruebas lo decidan, y estas pruebas, como pruebas sensibles, son la última instancia de apelación para verificar las proposiciones científicas. Esto implica que la experiencia de los sentidos es la prueba de ensayo para la verdad; por eso la ciencia es empírica, la característica básica de una

proposición científica es el ser empíricamente verificable.

El proceder científicamente es seguir el esquema general de razonar, partiendo de datos para llegar a conclusiones que puedan someterse a la prueba experimental; para ello es necesario encontrar un modelo para convertir un razonamiento desde la prueba experimental a la generalización en un argumento deductivo; o sea convertir las inducciones en deducciones. Harré lo describe

“El modo más sencillo de hacerlo es añadir a las premisas del razonamiento inductivo una premisa suprema que sea lo suficientemente general para superar la dificultad de la amplitud relativa de aplicación de los términos de las premisas y la conclusión y, al mismo tiempo, que por ser absolutamente verdadera, sirva, con las premisas conocidas como verdaderas, para garantizar la verdad en la conclusión.”¹⁹

La clase de premisa que puede cumplir con ello, sería el principio de la uniformidad de la naturaleza que es “La creencia de que todo lo que ha ocurrido u ocurrirá es un caso de alguna ley general que no tiene excepción alguna.”²⁰

Aunque el hecho de que dos cosas hayan estado unidas y nunca separadas, no es suficiente para probar demostrativamente que lo estarán en el futuro. Esto es, si el evento a del tipo X, es seguido por el evento b, del tipo Y, se puede concluir en el presente una formulación general que eventos del tipo X son seguidos del tipo Y, pero no se puede demostrar que en el futuro esta formulación se cumplirá, pero se puede esperar que, cuanto mayor sea la frecuencia con que se encuentren unidas, más probable será que se encuentren unidas en una siguiente ocasión. Si estos eventos se encuentran unidos con frecuencia suficiente, entonces la probabilidad de unión será casi con certeza, pero no puede alcanzar una certeza absoluta. Si una ley parece ser sólo probable, y se cree que seguirá así en el futuro, esto se

19. Ibid., p. 112

20. Russell, Bertrand. Los problemas de la Filosofía; s.l., Editora Nacional; s.f., p. 76.

basará precisamente en el principio de inducción; Copi da tres ejemplos de la probabilidad:

“Por ejemplo, decimos que la probabilidad de que al tirar una moneda al aire salga cara es $1/2$; que la probabilidad de que un hombre de veinticinco llegue a cumplir los veintiséis es 0,963; y que, a juzgar por los datos actuales es altamente probable que la Teoría de la relatividad de Einstein sea correcta.”²¹

Este último es el más significativo para las hipótesis científicas; su diferencia de las anteriores es que no se le asigna un coeficiente numérico, y a las hipótesis científicas se les asigna grados de probabilidad en términos de mayor a menor. Por lo tanto, la corriente inductivista admite únicamente dos tipos de descubrimientos científicos, los enunciados fácticos puros y las generalizaciones inductivas; esto fundamenta su historia interna.

El historiador inductivista busca estos descubrimientos para la reconstrucción racional de la ciencia, pero no explica por qué inicialmente se seleccionaron unos hechos en lugar de otros; acude a la historia externa para ello. Aunque la elección de hechos puede estar influenciada por razones extracientíficas, no necesariamente dicha elección se deba a factores sociales.

B. EL PROGRAMA FALSACIONISTA

El criterio de demarcación de la Metodología Falsacionista es el de la falsabilidad, que diferencia los sistemas teóricos científicos de los no científicos; en lugar de demostrar la verdad de una teoría científica, verificándola por medio de la experiencia, Popper propone seleccionarla mostrando la falsedad de las teorías rivales; no acepta que hayan inferencias inductivas, inferencias que parten de enunciados singulares (como descripciones de resultados de observaciones) a enunciados universales (como hipótesis y teorías), pues la verdad de

21. Copi, Irving, op. cit., p. 531

los enunciados universales se deducen de los enunciados singulares -que son verdades en base de la experiencia-, afirma que este tipo de inferencias no son totalmente justificables de manera lógica: “yo mantengo que las teorías científicas no son nunca enteramente justificables o verificables, pero que son, no obstante, contrastables.”²²

En oposición al método inductivo, propone una teoría que el llama “la teoría del método deductivo de contrastar.”²³ Y consiste en refutar un sistema de enunciados lo más estrictamente posible y estar dispuesto hasta de modificarlos, si no se tiene una absoluta seguridad sobre la verdad de los enunciados. Esto no lleva a salvar a un sistema insostenible, contrariamente, la falsabilidad, en su método de contrastación, lleva a elegir comparativamente al sistema más apto.

Popper considera que un sistema teórico es científico si corre los riesgos de ser contrastado (si puede ser falsable), es decir, si existe al menos un falsador potencial con el cual pueda entrar en conflicto. El método falsacionista utiliza el criterio de contrastar o refutar una teoría mediante un convenio o acuerdo para aceptar enunciados básicos singulares.

Un enunciado básico u observacional es el que puede servir de premisa en una falsación empírica; es un enunciado que describe un hecho particular. Hay que tener en cuenta que un enunciado observacional no se refiere únicamente a la simple observación sensorial, es una forma de expresar dentro de un contexto determinado el problema de contrastación y posiblemente sin un conocimiento profundo de manera empírica.

Un hecho lógico que es fundamental para esta metodología es que un sólo enunciado de observación puede falsar* una hipótesis general.

22. Popper, Karl. La Lógica de la investigación científica. Madrid: EDITORIAL TECNOS, S.A.; 1962, p. 43.

23. *Ibid.*, p. 30

* Falsar es un término técnico del juego del tresillo que Popper dota de otro contenido semántico: poner de manifiesto que algo es o era falso (cfr. Popper, *La Lógica de la investigación científica*, p. 33 notas).

Para Popper un experimento crucial es un experimento falsador, que una hipótesis pueda falsar a un enunciado, y esto permite decidir entre el sistema que se falsa y otro que lo falsa. Un ejemplo de ello puede ser el siguiente: dado el enunciado "todos los cuervos son negros" lo falsaría otro que, sea contrastable, y afirmara la existencia de una familia de cuervos blancos en un determinado lugar.

El criterio de la falsabilidad se divide en: el criterio de demarcación ya descrito, y el criterio lógico, "como una relación lógica existente entre enunciados, es decir, los de la teoría y los enunciados básicos."²⁴ Este último criterio se puede expresar en el lenguaje más "realista":

"Un enunciado singular describe un acontecimiento. En lugar de hablar de enunciados básicos excluidos o prohibidos por una teoría, podemos decir que ésta excluye ciertos acontecimientos posibles, y que quedará falsada si tales acontecimientos posibles acontecen realmente."²⁵

Los enunciados básicos describen acontecimientos, por lo que un acontecimiento puede ser representado por uno o más enunciados singulares que corresponden a él.

Dos enunciados lógicamente equivalentes describen un mismo acontecimiento y Popper lo define:

"Sea pk un enunciado singular (el subíndice k se refiere a los nombres o coordenadas individuales que aparecen en pk); llamaremos acontecimiento Pk a la clase de todos los enunciados que son equivalentes a pk . Así, diremos que es un acontecimiento, por ejemplo, *que ahora truena aquí*; y podemos considerar a este acontecimiento como la clase de los enunciados *ahora truena aquí, truena en el 13. distrito de Viena el 10 de junio de 1933 a las 3,15 de la tarde*, y todos los demás enunciados equivalentes a

24. *Ibid.*, p. 84

25. *Loc. cit.*

éstos. Puede considerarse que la formulación realista el enunciado *pk* representa el acontecimiento *Pk* quiere decir lo mismo que el enunciado algo trivial el enunciado *pk* es un elemento de la clase *Pk* de todos los enunciados equivalentes a él; análogamente, consideramos que el enunciado el acontecimiento *Pk* ha acontecido (o está aconteciendo) tiene el mismo significado que *pk* y todos los enunciados equivalentes a él son verdaderos.²⁶

Cuando *Pk* contradice a una teoría *T* implicaría que todo enunciado equivalente a *pk* contradice a la teoría *T*, y por lo tanto, es posible falsador de ella. Popper utiliza otro término para asignar un término universal el cual contiene a un acontecimiento como elemento, y no como una extensión o más complejo de éste, y es el “evento”; es decir, si *pk* representa un acontecimiento *Pk*; la clase *Pk* de los enunciados básicos equivalentes a *pk* es un elemento del evento (*P*).

La estructura de su historia interna en la reconstrucción racional exige el procedimiento de la falsabilidad, que es el procedimiento de carácter deductivo. Una teoría es falsada cuando se descubre un hecho que la desmiente, o del cual se puede deducir un enunciado singular que no la verifique y que sea predictivo; y sólo cuando una teoría resiste los esfuerzos que se hacen por falsarla queda corroborada. Como se explicó, la falsabilidad es un criterio de demarcación que permite admitir en la ciencia empírica, enunciados tanto verificables como no verificables. Pero esta epistemología usa como criterio para aceptar un sistema, si el mismo admite la contrastación por la experiencia;

“Estas consideraciones nos sugieren que el criterio de demarcación que hemos de adoptar no es el de la verificabilidad, sino el de la falsabilidad de los sistemas. Dicho de otro modo: no exigiré que un sistema científico pueda ser seleccionado, de una vez para siempre, en un sentido positivo; pero sí que sea susceptible de selección en un sentido negativo por medio de contrastes o pruebas empíricas: *ha de ser posible refutar por la experiencia un*

26. Ibid., p. 85

*sistema científico empírico.*²⁷

Un enunciado considerado empírico puede ser “lloverá aquí mañana” porque puede ser refutado por la experiencia.

El criterio de demarcación falsacionista acepta enunciados que puedan ser sometidos a contrastación, y en lugar de buscar la verificabilidad de una teoría, aceptar enunciados básicos que puedan contradecir a la teoría, si la teoría resiste la contrastación, entonces se corroborará; pero si quedara falsada, esto no sería de manera concluyente:

“pues siempre es posible encontrar una vía de escape de la falsación, por ejemplo, mediante la introducción ad hoc de una hipótesis auxiliar o por cambio ad hoc de una definición.”²⁸

De este modo la característica del método empírico, según Popper, es la forma de tratar de falsar un sistema teórico, y elegir el sistema más apto.

1. Reglas metodológicas.

El primer paso de las reglas a seguir en esta metodología, es la toma de decisión en no aplicar los métodos convencionalistas: no se intentará salvar una teoría si no es contrastándola.

El segundo paso es el de considerar aceptables las hipótesis auxiliares que por ser agregadas no disminuya el grado de falsabilidad o contrastabilidad; el intento significaría un nuevo progreso; por ejemplo: la teoría de la relatividad predijo nuevas consecuencias y efectos físicos con la posibilidad de contrastación y falsación de la teoría.

27. *Ibid.*, p. 40

28. *Ibid.*, p. 41

Por último, las definiciones deben ser explícitas, dar el sentido a los conceptos de un sistema, permitiéndose los cambios en las definiciones como modificaciones del sistema.

a. Procedimientos de contrastación.

Los procedimientos de contrastación que sugiere Popper se pueden enumerar: 1) por la comparación lógica de las conclusiones entre la teoría nueva y enunciados pertinentes, es decir, extraer las conclusiones de una hipótesis o nueva teoría por deducciones lógicas comparándolas con otros enunciados; 2) por el estudio de la forma lógica de la teoría para determinar su carácter (si es empírica o pseudocientífica); 3) por la comparación de la hipótesis nueva o sistema teórico con otras teorías para determinar si expresa un adelanto científico o no; y 4) por la contrastación empírica de las conclusiones deducidas de la teoría, para descubrir hasta qué punto las consecuencias de la teoría satisfarán a los requerimientos de la práctica.

2. Código de honestidad científica.

Su código de honestidad científica en la aceptación de teorías científicas es:

- a. que pueda entrar en conflicto con un enunciado básico aceptado (teorías falsables); es científico todo conjunto de enunciados o demostraciones que admiten el riesgo y el peligro de la falsación, y que camine fluidamente en la cuerda de la falsación.
- b. que pueda predecir hechos nuevos, hechos inesperados a la luz de conocimientos anteriores;
- c. su instrumento es el modus tollens ($p \Rightarrow q, \sim q \therefore \sim p$);
- d. el falsacionismo propone teorías falsables o hipótesis que puedan hacer predicciones empíricas nuevas.

El modelo popperiano de conjeturas y refutaciones se presenta:

ensayo (hipótesis) —> error demostrado (experimento).

El experimento crucial permite tomar decisiones definidas en lugar de enunciados básicos aceptados e inconsistentes con una teoría rival, y si el descubrimiento de un hecho precede o sigue a una teoría no es importante, sino su relación lógica es decisiva, por lo que, los descubrimientos más importantes son los de una teoría y no de un hecho, para el racionalista lo fáctico tiene menor importancia.

El falsacionismo popperiano no necesita de algún principio inductivo para apoyar epistemológicamente a las decisiones sobre la aceptación de una teoría. La diferencia entre el falsacionismo y el inductivismo es que mientras este último explica descubrimientos de hechos, los epistemólogos falsacionistas explican la invención de teorías científicas o hipótesis, y que la elección de teorías se determina por su historia interna.

Popper sostiene que la verdad en la ciencia se constituye dando apoyo a teorías que, siendo falsables en principio, no han sufrido nunca una falsación real (de factum).

Esta metodología presenta un criterio racionalista dentro de la historia interna y deja afuera el aspecto histórico en la selección de teorías, esto le da el lugar a la ciencia en su carácter universal y el valor que le corresponde.

C. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION DE LAKATOS

La metodología de los programas de investigación de Lakatos presenta una postura racionalista en la que los avances científicos se enmarcan dentro de programas de investigación particulares, y en la que las grandes realizaciones científicas pueden evaluarse de manera progresiva y degenerativa en el análisis de problemas.

Lakatos propone un criterio universal para juzgar los programas de investigación en particular y para juzgar el progreso científico en general, describe así un programa de investigación:

“En primer lugar defiende que la unidad descriptiva típica de los grandes logros científicos no es una hipótesis aislada sino más bien un programa de investigación.”²⁹

Para Lakatos el criterio universal para valorar las teorías se sustenta en que la metodología de los programas de investigación científica se adecúa más para aproximarse a la verdad que cualquier otra, y que la ciencia progresa por la competencia entre programas de investigación. Chalmers lo expresa:

“La finalidad de la ciencia es la verdad y, según Lakatos, la metodología de los programas de investigación proporciona el mejor medio de valorar en qué medida hemos conseguido aproximarnos a ella.”³⁰

Su metodología presenta reglas para conducir una investigación cuyo núcleo del programa se defiende y acepta de manera convencional, como ejemplo, en la revolución copernicana el núcleo central eran los supuestos de que la Tierra y los planetas giraban alrededor del sol el cual era inmóvil, y que la Tierra giraba sobre su eje una vez al día. El núcleo central se vuelve

“irrefutable por decisión metodológica de sus protagonistas: las anomalías sólo deben llevar a cambios en el cinturón protector formado por hipótesis *observacionales* auxiliares y condiciones iniciales.”³¹

Esto es, que se excluirá al núcleo central de cualquier confrontación que suscite entre el programa y los datos observacionales, y de presentarse una anomalía, se dirigirá ésta a los supuestos del cinturón

29. Lakatos, Imre. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza Editorial; 1989, p. 13.

30. Chalmers, Allan. “Racionalismo contra relativismo”. ¿Qué es esta cosa llamada ciencia? 8a. ed. en español; México: siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.; 1989, p. 148.

31. Lakatos I. y A. Musgrave. Crítica y conocimiento. Barcelona: EDICIONES GRIJALBO, S.A.; 1975, p. 246.

protector. La protección del núcleo central del programa copernicano se logró al reemplazar las observaciones realizadas a simple vista por datos de observación telescópica.

Alrededor del núcleo se construye un cinturón de protección con hipótesis auxiliares, las cuales pueden ser modificadas si fuese necesario. Este cinturón protector resiste las contrastaciones y refutaciones, se ajusta y modifica, de ser preciso se puede sustituir por completo para defender el núcleo central. En el programa copernicano el cinturón incluía el desarrollo de una óptica y una mecánica adecuadas.

También el programa de investigación tiene una heurística,

“una poderosa maquinaria para la solución de problemas que, con la ayuda de técnicas matemáticas sofisticadas, asimila las anomalías e incluso las convierte en evidencia positiva.”³²

La heurística es el conjunto de reglas metodológicas que indican: 1) el camino que se ha de evitar por el investigador, lo que es la heurística negativa, y por ello se articula y hasta se puede inventar el cinturón protector de hipótesis auxiliares en torno al núcleo central. La heurística negativa consiste en mantener intacto al núcleo durante el desarrollo del programa, el modificar el núcleo significaría apartarse del programa. Así Ticho Brahe se apartó del programa copernicano y comenzó otro en su propuesta de que todos los planetas menos la Tierra giraban alrededor del sol y que éste era inmóvil. 2) El camino que ha de seguir el investigador es la heurística positiva e indica cómo se ha de completar el núcleo central para poder predecir y explicar los fenómenos reales, y permite el desarrollo de las técnicas matemáticas y experimentales ideales. En el caso del programa copernicano, éste necesitaba desde su inicio técnicas matemáticas para manipular los movimientos epicíclicos, instrumentos de observación astronómica y

32. Lakatos, Imre. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza Editorial; 1989, p. 13.

teorías adecuadas para utilizar los instrumentos. Por lo que la heurística positiva proporciona sugerencias o indicaciones de cómo modificar y sofisticar las hipótesis auxiliares, cuyas variables son refutables. El científico o investigador se concentra en construir modelos al seguir las instrucciones de la heurística positiva, sin atender mucho a las anomalías que ofrecen los datos disponibles.

Los cambios y revoluciones científicas han surgido por el apareamiento de programas de investigación, y pueden ser evaluados por los cambios progresivos y degenerativos; es decir: 1) cuando el desarrollo teórico se anticipa a su desarrollo empírico (el predecir con éxito hechos nuevos), se habla de cambios de problemas progresivo; 2) si el desarrollo teórico se rezaga con relación a su desarrollo observacional, entonces se habla de un programa de investigación paralizante; y 3) en el caso que se den explicaciones posteriores a descubrimientos casuales o hechos anticipados o descubiertos por teorías rivales, se habla de cambio de problemas degenerativo, porque no tiene éxito la investigación.

El concepto de revolución científica es interpretado como el paso de sucesión de un programa de investigación a otro que le supera en progreso,

“Si tenemos dos programas de investigación rivales y uno de ellos progresa, mientras que el otro degenera, los científicos tienden a alinearse con el programa progresivo. Tal es la explicación de las revoluciones científicas.”³³

1. Características.

La metodología que presenta Lakatos considera a una teoría como un programa de investigación,

“La unidad básica de evaluación no debe ser una teoría aislada o una conjunción de teorías aisladas, *sino un programa de*

33. Ibid., p. 16

*investigación con un núcleo aceptado por convenio (y por ello irrefutable por decisión provisional) y con una heurística positiva que define problemas, traza las líneas generales de la construcción de un cinturón protector de hipótesis auxiliares, prevé anomalías y las convierte victoriosamente en ejemplos, todo ello según un plan preconcebido. El científico hace una relación de anomalías pero en tanto que su programa de investigación mantiene su propio empuje, puede tranquilamente dejarlas a un lado. Es la heurística positiva la de su programa, y no de las anomalías, la que fundamentalmente dicta la elección de sus problemas.*³⁴

El investigador que utilice este método buscará, en la historia de la ciencia, programas de investigación que sean rivales, en sus cambios progresivos y en sus cambios degenerativos. El programa lakatosiano puntualiza que si una teoría propuesta por algún investigador es superada por otra rival, que presenta descubrimiento antes que su teoría, entonces el investigador registrará y publicará los resultados de la teoría rival. Sin embargo, un triunfo de una teoría rival no se acepta de manera concluyente, así como tampoco la teoría superada se aceptará con una derrota concluyente. Un programa rival que se haya rezagado podría aparecer posteriormente y alcanzar el éxito. Es la valoración racional la que da importancia a esta metodología para evaluar los hechos, de por qué un programa anticipa un nuevo hecho o descubrimiento, y qué otro que se acomoda posteriormente a este descubrimiento no lo hizo.

A diferencia de otras metodologías, el programa de Lakatos no rechaza una teoría por tener un enunciado básico inconsistente. Considera que un experimento es crucial hasta después de su realización, es decir, post factum. Se complementa de la historia empírico-externa y transforma problemas de carácter externo (considerados así por otras historiografías) en problemas internos; por ejemplo: en opinión de los externalistas, el problema de la frecuencia con que ocurren descubrimientos simultáneos se debe a

34. Lakatos I. y A. Musgrave. Crítica y conocimiento. Barcelona: EDICIONES GRIJALBO, S.A.; 1975, p. 465.

que muchas personas llegan a estos descubrimientos después que a surgido una necesidad social del mismo (para Kuhn esta explicación es para todo descubrimiento; cfr. p. 43, cap. III), pero decidir qué determina un descubrimiento es algo que depende de la metodología utilizada.

El progreso se logra en el cambio progresivo que aumenta el contenido empírico; un programa es exitoso si hace predicciones nuevas que se confirmen. El programa de la astronomía ptolomeica no predijo nada durante toda la Edad Media, y el programa copernicano predijo, por ejemplo, las fases de Venus, comprobado por Galileo hasta 1616.

2. Teorías como estructuras.

Según Chalmers la historia de la ciencia muestra en su evolución y progreso una estructura. Esta estructura o sistema es puesto de manifiesto por la epistemología que da relevancia a los programas de investigación científica, además de argumentar que el hecho observacional depende de la teoría; "Hay otro argumento filosófico más general que está íntimamente vinculado al hecho de que la observación depende de la teoría."³⁵ Es decir, que la formulación de enunciados y conceptos responden al lenguaje de alguna estructura. Esta segunda argumentación se refiere a que el asignar un término, concepto o definición se hará dentro de una estructura establecida. Como por ejemplo, la definición operacional de Fuerza, determina el papel que juega dentro de la estructura de la mecánica newtoniana. La consideración de una teoría como estructura descansa en la base de la precisión del significado de un término y la relación con el papel que desempeña ese término. La validez de una teoría se puede encontrar en esta relación, y el grado de coherencia lo manifiesta las limitaciones que un concepto pueda encontrar en adquirir un significado. De aquí que los conceptos obtienen su significado del papel que desempeñan en una teoría. Por último la consideración de

35. Chalmers, Allan. "Las teorías como estructuras". *¿Qué es esta cosa llamada ciencia?* 8a. ed. en español; México: Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v.; 1989, p. 111.

teorías como estructuras se verifica en la necesidad del desarrollo de la ciencia. La ciencia progresará si las teorías están estructuradas con indicaciones precisas de cómo se deberían ampliar.

Un programa de investigación debe contener dos aspectos, uno, el programa debe tener un grado de coherencia que genere la elaboración de una estrategia definida para investigaciones futuras; y otro, que el programa debe dirigir al científico al descubrimiento de nuevos fenómenos, escorzos o facetas de la realidad. Será un programa de investigación científico bueno si llena estos dos aspectos.

3. La ciencia se desarrolla a través de las revoluciones científicas.

Lakatos ha señalado de manera específica que el problema central de la Filosofía de la Ciencia es el problema de la demarcación.

“El problema fundamental de la filosofía de la ciencia es la evaluación normativa de las teorías científicas y, en especial, el establecimiento de las condiciones *universales* que hacen científica a una teoría. Este último es un caso límite del problema de la evaluación y suele conocerse en filosofía como *el problema de la demarcación...*”³⁶

La metodología de los programas de investigación científica es una metodología demarcacionista, porque constituye una definición universal de progreso cuya unidad de evaluación es descrita por Lakatos así:

“Lo primero que debo destacar es que mi unidad de evaluación no es una hipótesis aislada (o una conjunción de hipótesis): un programa de investigación es, más bien, una clase especial de *cambio de problemática*. Consiste en una serie de teorías en desarrollo. Más aún, tal serie en desarrollo tiene una estructura.”³⁷

36. Lakatos, Imre. La metodología de los programas de investigación científica. Madrid: Alianza Editorial; 1989, pp. 216-217.

37. Ibid., pp. 229-230

La estructura posee un núcleo firme, un cinturón protector de hipótesis auxiliares y tiene una heurística, las reglas para evaluar el programa se determina por el progreso, estancamiento o regresión del mismo. Un programa puede ser teóricamente progresivo y empíricamente progresivo: teóricamente progresivo es cuando conduce a nuevas predicciones, y empíricamente progresivo cuando al menos una, de las predicciones nuevas, se corrobora.

Lakatos refiere a la teoría ptolomeica y copernicana como dos programas de investigación rivales. Ambos tenían sus orígenes en el programa pitagórico-platónico que conformaba la heurística para los dos programas.

El programa pitagórico-platónico consideraba perfectos a todos los cuerpos celestes, y a los fenómenos astronómicos como el resultado de una combinación de movimientos circulares y uniformes.

Al desarrollarse la física terrestre de Aristóteles, la hipótesis geocéntrica del universo llegó a ser un componente del núcleo firme de la teoría ptolomeica. El modelo ideal que se estableció estaba conformado por órbitas concéntricas en torno a la Tierra; una para las estrellas y una para cada cuerpo celeste; y el movimiento de los siete planetas (la Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter y Saturno) se concebía como un movimiento circular, permanente y uniforme. Pero el modelo no predecía hechos nuevos ni explicaba anomalías; por ejemplo: no podía explicar la intensidad del brillo de los planetas.

Las modificaciones que sufrió el programa geocéntrico se alejaba de la heurística platónica, de la circularidad perfecta y uniforme en el movimiento de los cuerpos celestes. Y astrónomos como Heráclides Póntico y Aristarco de Samos enseñaban el doble movimiento de la Tierra y la consiguiente visión heliocéntrica, (que la Tierra girara alrededor del Sol igual que otros planetas era algo que negaba Aristóteles).

Copérnico criticó el sistema ptolomeico porque violaba su propia

heurística al introducir ecuantes y conferir dos movimientos distintos al movimiento de la Tierra (que explicaban las diferencias entre el año solar y el sideral, el movimiento diario de rotación y la rotación sobre el eje de la eclíptica).

Para Lakatos, Copérnico no creó un nuevo sistema, sino retomó la versión de Aristarco, con la propuesta de que, para su astronomía, las estrellas constituirían el marco de referencia para la física. Este era su núcleo firme.

Los astrónomos ptolomeicos asignaban dos movimientos distintos a la esfera estelar, como se dijo, uno de rotación sobre su eje y otro de forma irregular en torno al eje de la eclíptica. El programa copernicano difería del ptolomeico al establecer la inmutabilidad de las estrellas, las cuales transferían su movimiento a la Tierra (pues ésta como planeta no era tan perfecta como las estrellas debido a los movimientos epicíclicos), devuelve el principio de la heurística platónica aumentando el poder predictivo de la nueva teoría. Un ejemplo que muestra este último aspecto era el anticipar las fases de Venus y el paralaje estelar (la diferencia entre las posiciones aparentes de un astro, según el punto de observación).

El programa copernicano no fue progresivo hasta en 1616, cuando Galileo corroboró las predicciones de las fases de Venus como uno de sus descubrimientos al utilizar su telescopio. Según Lakatos, el programa copernicano fue teóricamente progresivo, porque representó un progreso heurístico dentro de la tradición platónica, pero fue empíricamente progresivo hasta 1616.

*"Parece que la Revolución Copernicana sólo se convirtió en una auténtica y madura revolución científica en 1616, cuando casi inmediatamente después fue abandonada en favor de la nueva física de orientación dinámica."*³⁸

38. Ibid., p. 236

Si se mantiene el criterio de progreso en la predicción de hechos temporalmente nuevos, el resultado de la metodología es poco satisfactorio. Lakatos concede a Elie Zahar un nuevo criterio de progreso científico que enmienda al que él asignaba a su metodología. La perspectiva de Zahar radica en su concepción de "hecho nuevo". Por ejemplo: a partir del modelo copernicano original y del supuesto que los planetas inferiores tienen un período más corto y los planetas superiores un período más largo que la Tierra, se enunciarán dos predicciones en el sentido de Zahar. a) "Los planetas tienen paradas y retrocesos."³⁹ Esto explica las variaciones en la intensidad de brillo de los planetas, algo que el sistema ptolomeico no explicaba.

2) "La elongación de los planetas inferiores está limitada y los períodos calculados de los planetas aumentan estrictamente con respecto a sus distancias calculadas desde el Sol."⁴⁰

Ptolomeo utilizó el supuesto arbitrario de que el Sol, la Tierra y el centro del epiciclo de Venus son colineales, y la teoría de Copérnico confiere a un planeta ser inferior si su elongación es limitada (es decir, su distancia angular es limitada). Así Venus es un planeta inferior y Marte es un planeta superior porque su elongación no es limitada. Esta hipótesis la escribe Lakatos de la siguiente forma:

"Sea P cualquier planeta (superior o inferior) y T_p el período de P , T_E el período de la Tierra (un año) y tp el intervalo temporal entre dos retrogresiones sucesivas de P . Un simple cálculo muestra que puesto que la retrogresión se produce cuando el planeta pasa a la Tierra, se cumplen las siguientes relaciones entre T_p , T_E y tp

$$\frac{1}{T_p} - \frac{1}{T_E} = \frac{1}{tp}$$

39. *Ibid.*, p. 238

40. *Loc. cit.*

si P es un planeta inferior; y

$$\frac{1}{T_E} - \frac{1}{T_p} = \frac{1}{tp}$$

si P es un planeta superior. Obsérvese que tp es mensurable y que T_E se conoce y es igual a un año. Por tanto, estas ecuaciones nos permiten calcular T_p . En el caso de un planeta superior de la segunda ecuación se sigue que $1/T_E > 1/tp$; esto es, $T_E < tp$. Por tanto podemos predecir que si la elongación de un planeta es ilimitada, el intervalo entre dos movimientos retrógrados [sic] sucesivos del planeta es mayor que un año.⁴¹

Esta explicación apoya al sistema copernicano y no al ptolomeico, el cual describía sólo movimientos angulares de los planetas y no distancias planetarias. Y la determinación de estas distancias planetarias es un exceso de contenido de la teoría copernicana con respecto de la ptolomeica.

Lakatos afirma que la exposición de Zahar demuestra el progreso de la teoría copernicana comparada con la ptolomeica, además de una nueva visión del hombre sobre su lugar en el Universo; era científicamente superior, y el sistema copernicano y el de Aristarco tenía un exceso de poder predictivo.

Para Lakatos, la reconstrucción racional de la ciencia se elabora dentro de la historia interna, ofreciendo el desarrollo del conocimiento objetivo sin considerar los factores históricos de manera relevante para el entendimiento de la ciencia. Su exposición es precisamente internalista, no hace alusión al espíritu renacentista, ni al problema de la Reforma y Contrarreforma, como tampoco de alguna influencia de carácter social en el surgimiento de la teoría copernicana:

“Todo el desarrollo es estrictamente interno; por su parte

41. Ibid., p. 239

progresiva podía haber sucedido, suponiendo la existencia de un genio como Copérnico, en cualquier momento de los comprendidos entre Aristóteles y Tolomeo o en cualquier año posterior a la traducción de 1175 del *Almagesto* al latín, o incluso, su autor podía haber sido algún astrónomo árabe del siglo IX. En este caso la historia externa no sólo es secundaria, sino que es casi redundante.”⁴²

Esta metodología reconstruye la historia racional de la ciencia considerando fundamentalmente a la historia interna como factor primordial del crecimiento del conocimiento científico; estima la importancia de la historia externa o historia social para obtener explicaciones del ritmo, localización temporal y geográfica de los acontecimientos históricos que se interpretan en términos de la historia interna.

El investigador que se adscribe a esta lógica de la investigación, omitirá lo irracional en su construcción de la historia interna, y buscará programas rivales que estén en competencia con los hechos a investigar, pero no necesidades sociales que los motiven.

De acuerdo con esta tesis, esta metodología se acomoda más a una exposición de hechos y descubrimientos de manera científica y de modo objetivo. Científico porque es enteramente internalista, y objetivo porque no relega a la historia externa problemas de difícil solución. La visión externalista tiende a interpretar hechos de acuerdo a la filosofía e ideología de quien los interpreta, y por ello puede dejar de ser objetiva.

42. Ibid., pp. 241-242

III. PUNTO DE VISTA HISTORICISTA

A. EL HISTORICISMO DE KUHN

La concepción de que la historia es una acumulación de anécdotas de manera cronológica no describe la visión Kuhniana, pues además de esta sucesión de hechos situados desordenadamente, la historia es interpretativa y es normativa. Para Kuhn el análisis de la Historia de la Ciencia se centra en la descripción y explicación del conjunto de errores, de los mitos que evitaron el incremento del saber en el campo científico, o del progreso de la ciencia; además de determinar por quién y cuándo los hechos y teorías fueron descubiertos o inventados.

Un problema que plantea Kuhn dentro de este marco, se origina cuando los investigadores de la historia de la ciencia deciden clasificar las creencias anticuadas que se consideraban científicas como mitos o supersticiones. Porque si se estima que la ciencia utilizó los mismos métodos y las mismas razones para aceptar esas creencias en su momento como científicas, entonces se podría errar de la misma forma en la investigación científica actual. Si por el contrario, se llega a considerar esas creencias como científicas, se podría pensar que la ciencia ha incluido este conjunto de creencias en su estructura, aún siendo dichas creencias incompatibles con las actuales. Kuhn explica que aunque las creencias anticuadas hayan sido descartadas, éstas no dejan de ser científicas; el problema no es de índole metodológico, sino radica en la forma "incomensurable" de ver el mundo. Incomensurable porque crea una ruptura entre una visión anterior (a la que se refiere una teoría anticuada) y la que le sucede, supera y se acepta:

"Lo que diferenciaba a esas escuelas no era uno u otro error de método - todos eran *científicos* - sino lo que llegaremos a denominar sus modos incomensurables de ver el mundo y de practicar en él las ciencias."⁴³

43. Kuhn, Thomas. La estructura de las revoluciones científicas. México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA; 1989, p. 25.

Cada etapa del desarrollo científico comprende un conjunto de creencias que constituyen la comprensión y visión del mundo. Kuhn define como "Paradigma" a cada una de estas formas de representación del mundo real; y una concepción del mismo la enuncia Trejo de esta manera:

"Un paradigma es un tipo característico de concebir y realizar la investigación científica que un grupo de científicos acepta en un determinado periodo como fundamento de su concepción del mundo y de su actividad investigadora. Supone y propone como legítimo un tipo específico de problemas y soluciones, de métodos, aplicaciones e instrumentaciones, y, correlativamente, una interpretación acerca del tipo de entidades y procesos fundamentales que componen el universo: es, a la vez, un modelo de conceptualización del mundo y un modelo para la investigación del mismo."⁴⁴

En esta visión, la comunidad científica establece bases que fundamentan los experimentos en el campo de la experiencia y en la validación de los sistemas que son aceptados. Podría decirse que el paradigma representa la imagen del mundo; por ejemplo, la descripción que hace Frank sobre la teoría organicista, que explicaba el movimiento de los cuerpos inanimados por analogía con los movimientos de los animales,

"Tal y como decimos de un perro que ejecuta un movimiento determinado con objeto de obtener un determinado trozo de carne, la mecánica medieval supuso que una piedra caía para alcanzar su *lugar natural*."⁴⁵

En la Antigüedad y Edad Media se creía que todo poseía alguna naturaleza y que todo actuaba de acuerdo con ésta para cumplir con

44. Trejo R., Wonfilio. "La filosofía y las revoluciones científicas". México: UNAM, Facultad de Filosofía y letras; s.f., p. 315.

45. Frank, Phillip. Filosofía de la Ciencia. El eslabón entre la ciencia y la filosofía. México: HERRERO HERMANOS Y SUCESTORES, S.A.; 1965, pp. 78-79.

un fin, de la misma forma como lo haría un organismo, "La idea general era que la manera en que obraba un organismo era inteligible."⁴⁶ Los principios inteligibles eran principios comprensibles y aceptados que expresaban lo plausible de que un fenómeno ocurriera de una manera y no de otra. La ciencia medieval deducía afirmaciones científicas de los principios inteligibles. Estos sustentaban el paradigma organicista.

Cuando se presentan problemas difíciles de resolver e incompatibles con esquemas de descripción utilizados en las técnicas aceptadas como criterios de verdad por la comunidad científica; problemas que se consideren imposibles de resolver o que no son planteables, se puede llegar a dos vías de solución, la primera es abandonarlo, la segunda, es cambiar el marco conceptual y adoptar otro diferente; esta última decisión causa la Revolución científica, como tal, rompe con criterios metodológicos ya establecidos, que de alguna manera llevaron a una crisis, de la que surgen los nuevos modos de explicación en las teorías, e implicando un cambio en el desarrollo de la ciencia. Kuhn diferencia el desarrollo científico normal del revolucionario, siendo el primero la acumulación, el crecimiento o aumento de lo que ya se conocía antes:

"la ciencia normal es la que produce los ladrillos que la investigación científica está continuamente añadiendo al creciente edificio del conocimiento científico. Esta concepción acumulativa del desarrollo científico es familiar y ha guiado la elaboración de una considerable literatura metodológica."⁴⁷

El cambio revolucionario se diferencia del cambio en "ciencia normal" porque en él aparecen descubrimientos que no se acomodan a la forma de pensar convencional, de lo cual se infiere que debe cambiarse también el modo de pensar y las pautas de descripción

46. Ibid., p. 20

47. Kuhn, Thomas. ¿Qué son las revoluciones científicas? y otros ensayos. México: Paidós/I.C.E.-U.A.B.; s.f., pp. 56-57.

utilizadas en la explicación de fenómenos o hipótesis confirmadas. Dichos descubrimientos son semejantes a Invenciones, esto es, la selección de hechos experimentales que conducen a una ley física.

Chalmers resume la imagen que tiene Kuhn en ese cambio revolucionario, que parte primero de la preciencia y luego genera un ciclo entre ciencia normal- crisis- revolución- nueva ciencia normal- nueva crisis. La "ciencia normal" está constituida por leyes y teorías que instrumentalizan los miembros de una comunidad científica, es decir, la estructura del paradigma,

"ciencia normal significa investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior."⁴⁸

La *ciencia normal* se interesa en articular un paradigma y lo relaciona con la naturaleza, es una actividad científica que persigue resolver problemas dentro de las reglas que establece el paradigma.

En los períodos de ciencia normal, los miembros de la comunidad científica comparten el mismo punto de vista de acuerdo al paradigma vigente; el trabajo creador y exitoso define el progreso. Según Kuhn, el progreso lo determina el reconocimiento dentro de una categoría de trabajo, en todo aquello que tiene éxito en la creación. Evaluación que sólo puede tomarla una comunidad sobre la base de elementos de juicio que satisfagan la aspiración a realizaciones colectivas de esa comunidad; esto se aplica a la ciencia e incluso a la teología,

"El teólogo que articula el dogma o el filósofo que refina los imperativos de Kant contribuye al progreso, aunque sólo sea al del grupo que comparte sus premisas."⁴⁹

48. Kuhn, Thomas. La estructura de las revoluciones científicas, México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA; 1989, p. 33.

49. *Ibid.*, p. 25

Esto es, que el progreso para Kuhn se realiza dentro de cada paradigma, "En resumen, sólo durante los períodos de ciencia normal el progreso parece ser evidente y estar asegurado."⁵⁰ Al articular el paradigma en la explicación del comportamiento de algunos aspectos del mundo real, el investigador encontrará dificultades que no se acomodan a su modo de explicación normal y al no controlarlas, desembocará en "crisis". Pero la existencia de problemas sin resolver, dentro de un paradigma, no implica necesariamente una crisis; estos problemas que aparecen se denominan anomalías, porque se resisten a ser solucionados y pueden ser un fracaso individual del científico, pero no obligatoriamente una deficiencia del paradigma.

El científico resuelve problemas con los instrumentos que dicta el paradigma; al no resolver algunos problemas o anomalías que afecten los propios fundamentos del paradigma se puede entonces desembocar en crisis; así también cuando estas anomalías afecten a una necesidad social urgente por satisfacer. Una necesidad social de este tipo en la época de Copérnico era la reforma del calendario.

Para Kuhn el aspecto histórico-social es preponderante en una crisis:

"Se dice frecuentemente que si la ciencia griega hubiera sido menos deductiva y menos regida por dogmas, la astronomía heliocéntrica habría podido iniciar su desarrollo dieciocho siglos antes. Pero esto equivale a pasar por alto el contexto histórico. Cuando Aristarco hizo su sugerencia, el mucho más razonable sistema geocéntrico no tenía necesidades de las cuales pudiera concebirse que sólo un sistema heliocéntrico pudiera satisfacer."⁵¹

Para Kuhn es insuficiente hablar de desarrollo interno, porque la ciencia depende de aspectos externos y no de la dialéctica interna. Esta es una apreciación externalista de la historia de la ciencia que

50. *Ibid.*, p. 252

51. *Ibid.*, p. 126

no comparto, porque puede aducirse como necesidad social la reforma del calendario, la influencia de la Reforma, el desarrollo de la navegación por el comercio u otros motivos sobre la decisión de aceptar la teoría heliocéntrica; no discuto que todo esto pudo haber influido, pero no considero que esa influencia fuera en primera instancia.

El término "crisis" se asocia con el estado psicológico, la sensación de crisis que lleva un cambio de gestalt perceptiva. Kuhn ejemplifica esto así: si a una persona se le ponen unos anteojos con lentes inversos, la persona verá todo de cabeza, y esto la llevará a una desorientación y a una crisis personal, pero al acomodarse con el nuevo campo visual, el sujeto llegará a ver como lo hacía antes de utilizar esos anteojos*. Este cambio de gestalt son motivados por las anomalías que presenta el paradigma vigente:

"Según Kuhn, en la Ciencia los cambios de gestalt son provocados también por anomalías y van acompañados por la sensación de crisis. Esta crisis de convicciones deja listo el paso a la nueva gestalt, sea una revolución científica, sea un descubrimiento científico."⁵²

Esto explica la presencia del desconcierto y desorientación antes de una Revolución científica. El resolver la crisis implicaría el surgimiento de un nuevo paradigma aceptado por la comunidad científica en su totalidad. Los paradigmas tienen su incompletud y temporalidad, no son absolutos y siempre presentarán dificultades que originarán nuevos retos a la ciencia.

"Tanto P.K. Feyerabend como T.S. Kuhn han sostenido una interpretación de las revoluciones científicas que ellos mismos

* Cfr. Kuhn, La estructura de las revoluciones científicas, pp. 191-192.

52. Andersson, Gunnar. "¿Son compatibles el falsacionismo y el falibilismo?" De Estructura y desarrollo de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial, S.A.; 1984, p. 219 [notas].

llaman interpretación de la *inconmensurabilidad* de las teorías o de los puntos de vista.”⁵³

Inconmensurabilidad es esa diferencia o rompimiento entre dos formas de ver el mundo, en cada nuevo paradigma los problemas que se planteaban en una teoría anterior se desplazan o diluyen en la que le supera, como expresa Trejo:

“Mucho antes incluso de que se sospecharan siquiera los Principia de Newton la *nueva ciencia* anunciada por Galileo había rechazado y desplazado el tipo de explicaciones aristotélico-escolásticas, los problemas y soluciones de la dinámica formulada en términos de las *esencias* de los cuerpos materiales.”⁵⁴

Las teorías nuevas, diferentes en su razonamiento, rompen con la tradición de la práctica científica existente, es decir, un nuevo paradigma que se abre paso es incompatible al anterior en sus soluciones y sistemas; crean la ruptura entre un sistema y otro. Galileo, al observar el movimiento del péndulo, vio algo diferente que los escolásticos. Para los últimos, la explicación de dicho movimiento, era que un cuerpo pesado caía por su naturaleza de un nivel más alto a otro inferior hasta que llegaba a su estado natural, el reposo. Un cuerpo al estar sujeto a una cadena, después de varios movimientos violentos y en un tiempo considerable, quedaba en reposo en su posición más baja. Lo que Galileo observó fue la repetición de un mismo movimiento y que el tiempo de oscilación no dependía del peso del cuerpo que se suspende en el extremo de la cuerda, era el mismo para un cuerpo ligero que para uno pesado. Según Kuhn, la razón que Galileo observara estos fenómenos naturales en forma distinta, no era por la adecuación de percepción específica de carácter metodológico, sino por el cambio en la visión del fenómeno atribuido a la influencia que recibió del cambio en el paradigma medieval.

53. Trejo R., Wonfilio, op. cit., p. 314

54. Ibid., p 318

“Más bien, lo que parece haber estado involucrado es la explotación por el genio de las posibilidades perceptuales disponibles, debido a un cambio del paradigma medieval.”⁵⁵

Dicha afirmación contempla el cambio de *gestalt* atribuible a la teoría del ímpetu de Buridán y Oresme, en los análisis de los movimientos, en el siglo XIV.

Para Aristóteles, el movimiento de piedras oscilantes era una caída forzada, para Galileo un péndulo. Así una revolución científica no es una reinterpretación de los datos obtenidos, estos datos realmente son diferentes; un péndulo no es una piedra que cae. Kuhn niega que se le dé a este cambio el sentido de una interpretación distinta; considera que un científico acepta un nuevo paradigma, así como un hombre se pone lentes inversores que le hacen encontrar un mundo de objetos, conocidos anteriormente, transformados si no en su totalidad, sí en muchos de sus detalles.

Es el paradigma el que da los instrumentos y esquemas de descripción al científico que descubre o inventa algo. El paradigma de moda, por ende, es influenciado por la historia externa, según Kuhn, hay una influencia psico-social en la determinación de las teorías.

Si los datos de una teoría no se pueden integrar y reinterpretar en la que la desplaza, la interrogante sería ¿cómo puede la nueva teoría utilizar estos datos?

La respuesta a esto la presenta Trejo considerando las estructuras de las teorías, bajo el concepto de reducción de teorías. Expresa que una teoría puede derivar dentro de su estructura matemática de otra comparable que la supera, que es inconmensurable, pero no se presenta a la inversa. Trejo utiliza el término **reducción** de una teoría para restringir una teoría T de otra T' a la cual sobrepasa, y dentro de qué límites se compara la una con la otra:

55. Kuhn, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas. México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA; 1989, p. 188.

*“Comparables tampoco significa convertibles o equivalentes. Significa más bien que, en el orden de la explicación y de la derivación de T^p a partir de T , T^v y T se relacionan como un par ordenado, tal que T^p se explica y deriva a partir de T , pero no a la inversa. Esto es así porque, como indicamos hace un momento, la línea de desarrollo de la estructura matemática de las teorías y la de la interpretación física no se desenvuelven paralelamente, y sólo llegan a *corresponderse* una con la otra cuando, desde el punto de vista de la estructura matemática y de la interpretación física de una teoría más amplia y avanzada, T , la teoría anterior, T^p , se convierte en una fase aproximativa de T .”⁵⁶*

La reducción de teorías adquiere el sentido de restricción entre una teoría T que es más precisa y comprensiva, y otra T^p , la cual es una fase aproximativa de la que le superó. El concepto de inercia (T) en la mecánica newtoniana que representa la resistencia de un cuerpo a modificar su estado, tiene una interpretación cuantitativa similar al concepto del *ímpetu* (T^p), en cuanto que ambas interpretaciones afirman que si un cuerpo en movimiento no es acelerado o movido por una fuerza externa, éste continuará moviéndose en línea recta con velocidad constante. Pero, su interpretación cualitativa difería; la interpretación de la inercia (T) corresponde a una propiedad del cuerpo, la masa, cantidad de resistencia a la aceleración. Y la interpretación del ímpetu (T^p) corresponde a una fuerza interna del cuerpo que lo empuja hacia adelante. Esto representó una revolución en la forma de concebir la dinámica de los cuerpos. El paso de la interpretación del *ímpetu* a la interpretación de la ley de la inercia muestra la ruptura entre el paralelismo y la correspondencia que hay entre ambas teorías. Por lo tanto, si entre ambas teorías se mantiene una relativa estabilidad en su estructura matemática y se presenta una alteración en su interpretación física, se producirá un cambio revolucionario en las ciencias factuales.

Ahora bien, Kuhn no expone claramente si hay progreso o no en los cambios científicos revolucionarios. Problema que Stegmüller

56. Trejo R., Wonfilio, op. cit., p. 321

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

interpreta al reducir la tesis de inconmensurabilidad a una comparación de teorías dentro del marco de la concepción enunciativa de las teorías:

“La tesis de inconmensurabilidad sería compatible con la afirmación de la reducibilidad si la noción de reducción que se use está basada en una comparación de los rendimientos de las dos teorías más que en una comparación de los conceptos indefinidos y definidos de la teoría, reconstruyendo cada teoría como una clase de enunciados, y en la mutua derivabilidad de los teoremas.”⁵⁷

Aparentemente Kuhn rechaza la noción de progreso científico racional, pero lo que explícitamente rechaza son las metafísicas teleológicas insertas en el concepto de progreso científico racional, y no en el progreso racional, en cuanto tal:

“En las ciencias no es necesario que haya progreso de otra índole. Para ser más precisos, es posible que tengamos que renunciar a la noción, explícita o implícita, de que los cambios de paradigma llevan a los científicos, y a aquellos que de tales aprenden, cada vez más cerca de la verdad.”⁵⁸

Una de las concepciones teleológicas de progreso científico racional es la noción popperiana de creciente verosimilitud, que se caracteriza por considerar el progreso científico en la distancia que una teoría avanza hacia la verdad, como el objetivo final de la ciencia.

El criterio para la elección de teorías en la tesis kuhniana se hace considerando dos causas, una por la persuasión, que ha de hacer la teoría que mejor se acepte, en el significado o en la aplicación de reglas estipuladas acerca de las premisas que intervienen en las teorías.

57. Stegmüller, Wolfgang. “Estructura y dinámica de las teorías”. Algunas reflexiones sobre J.D. Sneed y T.S. Kuhn; México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras; s.f., p. 79.

58. Kuhn, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas, México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA; 1989, p. 262.

histórica hace referencia al espacio temporal, e incluye el concepto de sistema histórico y conjunto de sistemas de reglas históricas.

Un sistema histórico se refiere a la estructura de todos los procesos históricos en general; los procesos se desarrollan de acuerdo a leyes naturales, psicológicas, biológicas, y a reglas que son hechas por los hombres. Las reglas se establecen por los hombres, porque en la sociedad se presentan en las relaciones cotidianas, como las reglas que existen en la economía, la música, el arte, y como tales han surgido históricamente y están sujetas al cambio histórico.

El conjunto de sistemas históricos comprende el conjunto estructurado de sistemas históricos en el cual se mueve una comunidad humana en un determinado momento. Los sistemas científicos comprenden las teorías científicas, en términos Kuhnianos, las teorías que están dentro de un paradigma, e incluye métodos y reglas de trabajo científico. La motivación práctica que tiene la comunidad científica juzga, apoya o rechaza moralmente un sistema, de acuerdo con las relaciones en que se encuentran los elementos del conjunto de sistemas en esa época. Por ejemplo, los principios en que se basaba el sistema ptolomeico se sustentaba en la física aristotélica, que dominaba en ese entonces, la percepción humana era la fuente confiable del conocimiento. Además la astronomía de Ptolomeo se apoyaba en los principios de la física, la metafísica y la teología de ese tiempo. La dependencia de los hechos a las teorías, se rigen por las reglas que en su momento prevalecen de acuerdo al contexto histórico.

3. Desarrollo y progreso científico.

El desarrollo científico es el proceso de transformación en un conjunto de sistemas, por el cual supera o soluciona las discrepancias o anomalías que en ese conjunto puedan aparecer,

“Por lo pronto desde la perspectiva indicada se ve que el desarrollo de las ciencias es provocado esencialmente por discrepancias dentro de los conjuntos de sistemas y que este desarrollo consiste

en la transformación interna de estos conjuntos.”⁶⁰

Según Hübner, las causas que originaron el cambio de la física aristotélica a una física moderna, se originaron por motivos históricos, si se toma el Renacimiento como un conjunto de sistemas que incluye la física aristotélica, las teorías teológicas, la astronomía ptolomeica y un cierto Humanismo que procuraba acercar al hombre a Dios. Se presentaba una contradicción entre este Humanismo y la astronomía ptolomeica que situaba a la tierra como el lugar del status corruptionis y estaba vinculada con la teología medieval. Copérnico soluciona este conflicto modificando la astronomía en beneficio del Humanismo. Esto origina lo que posteriormente se dió, un nuevo conjunto de sistemas en una situación histórica modificada.

Las soluciones a las discrepancias se buscan dentro del conjunto mismo, con los medios disponibles. La transformación interna se apoya en lo que históricamente prevalecía y se adoptan las decisiones en favor de una parte del sistema tratando de adecuar esta parte los otros elementos que la conforman.

Los procesos históricos se caracterizan porque cada época está determinada por un conjunto de sistemas y siempre se encontrarán, en ellos, discrepancias o anomalías e inestabilidad, que llevan a la modificación de los conjuntos, aunque este movimiento no está estrictamente determinado y los acontecimientos históricos suceden dentro de un conjunto de sistemas, aún cuando estos acontecimientos se determinen por leyes naturales.

Lo descrito en el último párrafo resume las leyes estructurales de carácter histórico. Hübner considera estas leyes de manera universal a priori y a la naturaleza como un sistema de leyes causales,

“En las leyes presentadas no se trata de una determinada teoría empírica acerca de la historia, sino de principios universales a priori de los cuales tiene que servirse la ciencia en tanto tal si

60. *Ibid.*, p. 134

desea describir y concebir la historia, con sus medios teóricos y sus categorías (sistema, conjunto de sistemas).⁶¹

Una teoría científica puede ser interpretada dentro de marcos de un conjunto de sistemas en una época determinada; dentro de este contexto Hübner no acepta la existencia de una verdad absoluta a la cual se acerca cada vez más, ni principios absolutamente válidos para llegar a la misma. En el avance de la ciencia es mejor hablar del mismo objeto de estudio; según él, son los horizontes los cambiantes, los nuevos facilitarán o posibilitarán puntos de vista y experiencias nuevas relacionadas a situaciones dadas, pero no con verdades absolutas o imaginarias.

El progreso científico es la mutación que transforma los fundamentos de un sistema y que busca la armonización entre los conjuntos de sistemas. Copérnico modifica la astronomía en favor del Humanismo, para contribuir a la armonización del sector astronomía y física dentro del conjunto de sistemas "Renacimiento". Por ello, el conjunto abarca más que la ciencia, y los motivos del progreso científico no se asigna únicamente a razones científicas, sino abarca contextos más amplios y más grandes,

"Pero el objetivo de la armonización de un conjunto de sistemas no se limita al progreso científico. Como se ha mostrado, este conjunto abarca mucho más que la sola ciencia. Además, puede decirse generalizando, que el progreso, en cualquier parte que se produzca, en contra la concepción corriente, no puede ser considerado como ordenado hacia un fin extrahistórico, a una especie de eskatón -pues no existe la menor razón para afirmar esto- ni tampoco consiste en una total modificación en la que han de buscarse creaciones totalmente nuevas; pues una modificación que no apunte simultáneamente a lograr alguna forma de armonización de lo existente, termina en la impotencia espiritual de la idiosincracia."⁶²

61. Ibid., p. 138

62. Ibid., p. 145

Una teoría que ha sido desplazada queda corroborada por el hecho de ser superada en su mutación; no puede considerarse absolutamente verdadera porque no podría justificarse esa excepción entre todas las teorías que se someten a la historicidad. Sobre el análisis puramente lógico, los enunciados básicos, los teoremas y axiomas de una teoría empírica, tienen como condición necesaria estipulaciones *a priori*, las cuales se fundamentan en una situación histórica, y no de manera independiente.

“Por lo tanto, la teoría historicista de la ciencia no es empírica ni trascendentalmente verdadera sino que enuncia una verdad lógica del tipo de enunciado si-entonces: si hay una ciencia empírica, *entonces* ella considera a la historia, expresa o tácitamente, como una historia de conjuntos de sistemas que se mueven por sí mismos. Esta verdad lógica, es, *en tanto tal*, siempre válida, es decir, no es en sí misma histórica.”⁶³

Es la validez lógica la que conserva una teoría al ser superada, lo que pierde es su actualidad, lo que la convierte en obsoleta.

63. *Ibid.*, pp. 192-193

IV. EL CONCEPTO DE MOVIMIENTO EN LA ANTIGÜEDAD, EN LA EPOCA MODERNA Y EN LA EPOCA CONTEMPORANEA

Los capítulos anteriores perfilaron dos tendencias de la racionalidad científica que fundamentan, tanto el método que utilizan, como la interpretación del desarrollo y progreso de la ciencia que cada una de ellas posee. Desde el punto de vista de las corrientes empírico-racionalista e historicista, se presentaron las condiciones para evaluar y validar el conocimiento científico, en sus diferentes etapas. El término Revolución Científica separa esas etapas en la historia de la ciencia, y marca los cambios que en ella se dieron.

Las revoluciones científicas fijan el punto de partida de nuevas teorías que explican, de manera distinta, fenómenos o hechos que teorías anteriores no lograban explicar, o lo hacían erróneamente. El concepto de revolución científica enuncia un cambio drástico en la construcción de la ciencia; cambio que no permite considerar esa construcción de forma lineal, sino que llega a sustituir y desplazar las bases que sustentan la teoría descartada. Pero estos cambios revolucionarios no aparecen espontáneamente en la historia de la ciencia: los cambios se han llevado sujetos a procesos mismos que las teorías desplazadas condujeron. Un concepto que interviene de manera especial en la reconstrucción racional de la física es el de "movimiento"; el cambio en su concepción y de los marcos de referencia del mismo, en cada etapa de la historia interna de la física, muestra diferentes interpretaciones, o como diría Kuhn, diferentes modos de ver la naturaleza, en tres paradigmas a lo largo de la historia de la ciencia.

La ciencia como es concebida ahora, se inicia en la primera revolución científica, en la Epoca Moderna. Esto no implica que en la Antigüedad y Edad Media no se haya hecho ciencia, sino que los

esquemas de descripción que se utilizaba eran diferentes a los esquemas de la época moderna y de los actuales.

La teoría organicista predominaba en la Antigüedad y la Edad Media, teoría que era falsa, pero constituye el inicio de la historia de la ciencia, cuyo contenido, en torno al concepto de "movimiento", se pretende bosquejar en forma muy general en este capítulo, hasta la segunda revolución científica, la revolución einsteniana.

A. TEORIA ARISTOTELICA

La física de la Antigüedad como la de la Edad Media, se sustentaban de una visión antropológica que consideraba a los cuerpos de manera cualitativa y no geométrica. Se creía que los cuerpos terrestres estaban radicalmente separados de los cuerpos celestes por una diferencia cualitativa de la naturaleza, y que los primeros se constituían de cuatro elementos en el orden: la tierra, el agua, el fuego y el aire, los cuales se encontraban distribuidos naturalmente en el mundo; por consiguiente, si alguno de estos elementos se alteraba de su lugar natural, entonces se produciría el movimiento. Pero en la Tierra había perturbaciones, y se diferenciaron dos tipos de movimiento, los movimientos naturales de los no naturales; estableciéndose que los movimientos naturales eran aquellos que los cuerpos realizaban al intentar regresar al lugar que les correspondía, buscando el estado de reposo. Estos movimientos se consideraban transitorios, y al alcanzar su objetivo se terminaba ese proceso; esto se fundamentaba en la concepción estática de orden, cuyo principio explica que si todo se encontraba en su lugar natural, entonces, todo permanecería en orden; cualquier esfuerzo de cambio a este estado encontraría resistencia. La concepción geocéntrica del Universo llevaba a pensar que el fin de los cuerpos pesados era el centro de la Tierra como centro del Universo (estar abajo donde pertenecían las cosas alterables y generables) y el fin de los cuerpos ligeros era hacia afuera dada su naturaleza. Lugar natural era hacia arriba y hacia abajo; más adelante se verá que este principio tuvo dificultades de explicación

con el movimiento horizontal.

Se pensaba que los movimientos no naturales se originaban cuando un cuerpo era impulsado violentamente y trataba de volver a su estado natural; por ser no natural era anormal: creaba desorden y, por lo tanto, no podía durar indefinidamente en ese estado porque no se aceptaba dentro de este sistema la idea de un cosmos desordenado.

Dos maneras de explicación sobre el movimiento eran descritos en la Antigüedad: una, que todo cuerpo se esforzaba por encontrar su lugar (movimiento natural); otra, que un cuerpo era impulsado mediante violencia, como en el caso del lanzamiento de una piedra.

Al movimiento que se hacía en dirección horizontal, se atribuía como motivo del movimiento a un continuo empujón de aire que movía constantemente al cuerpo lanzado. Y al movimiento en dirección vertical, como en caída libre, se le atribuía la característica de caer a velocidad constante. Pero, un cuerpo al caer incrementa su velocidad; las explicaciones dadas a este fenómeno asignaba dicha aceleración a la columna de aire que empujaba al cuerpo hacia abajo, y cada vez era más grande. Otra forma de explicación era animista: cuanto más se acercaba el cuerpo que cae a su lugar, éste se sentía más feliz y por ello avanzaba más rápidamente. Estas leyes eran organicistas, explicaban el movimiento de los cuerpos inanimados comparándolos con los movimientos de los animales.

Es natural observar caer un cuerpo pesado; no sería comprensible que un cuerpo pesado se elevase en condiciones normales; eso sería violento. Esta teoría del movimiento natural y violento se caracteriza por los siguientes rasgos:

“a) la creencia en la existencia de naturalezas cualitativamente definidas, y b) la creencia en la existencia de un cosmos, en suma, la creencia en la existencia de principios de orden en virtud de los cuales el conjunto de los seres reales forma un todo

jerárquicamente ordenado.”⁶⁴

Lo natural refiere a un orden determinado, que todas las cosas están en su puesto, el que le corresponde por naturaleza.

La física medieval se basaba en la percepción sensible de manera cualitativa determinada por el sentido común y la experiencia. El movimiento en este esquema lo describe Koyré como un proceso de cambio, y su objetivo que es el reposo, como un estado,

“En cuanto al movimiento (*Kinesis*) e incluso al movimiento local, la física aristotélica lo considera como una especie de proceso de cambio, en oposición al *reposo*, que, siendo el fin y la meta del movimiento debe ser reconocido como un estado. Todo movimiento es cambio (actualización y corrupción) y, por consiguiente, un cuerpo en movimiento no sólo cambia con relación a los otros cuerpos, sino que al mismo tiempo está sometido a un proceso de cambio”.⁶⁵

Si el reposo es un estado, el movimiento adquiere un significado teleológico; como proceso de cambio es provocado por una causa o motor, una acción continua en el cuerpo, esto se aplica también para los cuerpos que caen libremente:

“En el caso del movimiento *natural*, esta causa, este motor, es la naturaleza misma del cuerpo, su *forma* que trata de volver a traerlo a su puesto y mantiene así el movimiento. *Viceversa*, el movimiento que es *contra naturam* exige, sin embargo, durante toda su duración la acción **continua** de un motor externo unido al cuerpo movido.”⁶⁶

64. Koyré, Alexandre. “Galileo y Platón”. De Estudios de la historia del pensamiento científico. México: siglo veintiuno editores, s.a., UNAM; 1982, p. 158.

65. Koyré, Alexandre. “Galileo y la revolución científica”, op. cit., p. 185

66. Koyré, Alexandre. “Galileo y Platón”, op. cit., p. 161

La visión aristotélica del movimiento como proceso de cambio, sitúa al mismo entre el acto y la potencia, el cuerpo que se mueve cambia su ser, cambia en sí y en relación a los otros,

“Es perfectamente cierto que el ser es el término del devenir y el reposo la meta del movimiento. Sin embargo, el reposo inmutable de un ser plenamente actualizado es algo completamente diferente de la inmovilidad pesada e impotente de un ser incapaz de moverse por sí mismo; el primero es algo positivo **perfección y actus**; la segunda no es más que privación. Por consiguiente, el movimiento -procesus, devenir, cambio- se encuentra colocado entre los dos desde el punto de vista ontológico.”⁶⁷

El reposo venía a ser la finalidad del movimiento, un estado, por lo que el movimiento era un proceso, un cambio ontológico y teleológico, y no un estado físico de los cuerpos.

Los cuerpos celestes en la Antigüedad eran considerados diferentes a los terrestres y los celestes se creía que estaban hechos de materia más sutil, sujetos a leyes diferentes, cuya característica era moverse de manera perfecta, permanente y uniforme, para ellos la circular.

La concepción geocéntrica del Universo situaba a la Tierra como centro del Universo y creía que los cuerpos que estaban alrededor de ésta eran: La Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Jupiter, Saturno. Después de la séptima esfera se encontraba la octava, la de estrellas fijas, que se encontraban incrustadas en la esfera, y más allá, el Cielo. El movimiento de las esferas, se pensaba, era por virtud del espíritu de cada esfera; también se daba la creencia en una novena esfera fija que hacía se moviera todo lo demás (el primer motor), y envolvía a la octava (de las estrellas fijas) y la movía; ésta a su vez movía a las demás, primero a la que tenía de inmediato y así sucesivamente.

Las leyes de la física celeste eran distintas a las de la física

67. *Ibid.*, p. 160

terrestre; en el siglo II d.C. el astrónomo Ptolomeo presentó la teoría de que los planetas se movían en círculos cuyos centros giraban alrededor de la Tierra; esta teoría se acomodaba mejor al movimiento de los planetas y a las predicciones astrológicas.

B. ANOMALIAS QUE SE PRESENTARON EN LA TEORIA ARISTOTELICA Y PTOLOMEICA

Dos problemas se presentaron en desacuerdo en la Edad Media, uno, en el movimiento de los cuerpos terrestres en el caso de un proyectil lanzado (la componente de velocidad horizontal que permanece constante, no podía en la física aristotélica ser un movimiento natural ni no natural). Otro, era la costumbre de tener dos sistemas de mundo, el de la física o astronomía y el de la filosofía en donde se obtenía las verdades o principios inteligibles.

La dinámica aristotélica no respondía al buen sentido común o a la experiencia cotidiana cuando se lanzaba una piedra o un cuerpo pesado hacia arriba, esto causaba un movimiento violento, no natural. Pero, al salir la piedra de la mano continuaba moviéndose hacia arriba; se explicaba que la persona que arrojaba esa piedra, iniciaba el movimiento de la piedra y del aire que la rodeaba, el aire movido movía el aire que tenía encima y cada porción de aire movido empujaba la piedra hasta que, tras varios movimientos de porciones de aire, éstas se debilitaban y entonces la tendencia natural de la piedra la llevaba a caer al suelo.

La base experimental de la dinámica aristotélica se sostenía en el hecho de que un objeto al ser lanzado aumentaba su velocidad y ganaba su máxima rapidez después de lanzarse por haberse separado de la causa o del motor.

En el siglo XIV los físicos no se conformaron con la explicación del movimiento del aire por dos argumentos, uno material: un cuerpo pesado es improbable que sea movido por reacción del aire; otro

formal: la contradicción de que el aire sea motor y resistencia simultáneamente; y adoptaron la teoría del Impetus:

“Todo mundo sabe que para saltar un obstáculo, hay que *tomar impulso*; que una carretilla que se empuja o de la que se tira se pone en marcha lentamente y gana velocidad poco a poco; ella también toma impulso y adquiere su fuerza; del mismo modo que todo el mundo -incluso un niño que lanza una pelota- sabe que para alcanzar con fuerza la meta, hay que colocarse a cierta distancia, no demasiado cerca, a fin de dejar que la pelota tome velocidad.”⁶⁸

Esta referencia a la física del Impetus como algo natural en la que el Impetus necesitaba de cierto tiempo para adueñarse del cuerpo, así como el calor necesita tiempo para expandirse en un cuerpo, viene a ser una especie de cualidad de los cuerpos, pero no es una respuesta mecánica; y es Galileo quien le asigna al Impetus el ser causa del movimiento sin obedecer a ninguna naturaleza.

Esta acepción de impulso no permitió aún la interpretación de Inercia por la razón que la estructura aristotélica no aceptaba el aislar un cuerpo de su entorno físico, porque, según los aristotélicos, si no hubiese resistencia del medio ambiente (como el vacío) equivaldría a admitir un movimiento sin motor; el vacío al no ser un medio físico no podía existir, los cuerpos no tendrían un lugar natural a donde ir, no tendrían dirección y no sabrían dirigirse a su lugar natural. Dentro del paradigma aristotélico no cabe la posibilidad del vacío porque no es lugar natural, porque no es lugar en absoluto. Pero, si se hubiese considerado la existencia del vacío, si el medio ambiente no opusiera resistencia al movimiento, el cuerpo buscaría su puesto con una velocidad infinita y esto sería instantáneo, imposible de pensarse; por lo que, un movimiento natural no puede producirse en el vacío.

Juan Buridán (1300-1358) sustituyó la teoría medieval del movimiento por una mecánica; para él no era necesario que se diera

68. *Ibid.*, p. 166

un movimiento circular en el Universo, ni la existencia de una quinta esencia (ese elemento especial que se creía daba el movimiento circular a los cuerpos celestes), como tampoco la atribución de inteligencias a las esferas. Consideraba una analogía entre los movimientos celestes y los terrestres: así como se lanza un objeto por un ímpetu, Dios da a los cuerpos celestes un ímpetu para moverse; a diferencia que los cuerpos terrestres encuentran resistencia y se detienen, y las esferas no. Esto era una posible apertura de una concepción del vacío y la visión de una sola física para los dos sistemas que Aristóteles separaba.

Alberto Sajonia (+1390) diferenció el centro de gravedad de un cuerpo y el centro de su volumen; gravedad de un cuerpo era la tendencia del mismo a moverse a su lugar natural, unir su centro de gravedad con el centro de gravedad de la Tierra; por lo que su explicación era física. Pero no estimó la hipótesis de la rotación de la Tierra sobre su eje.

Nicolás Oresme (+1382) planteó que únicamente el observar los cuerpos celestes no demostraba que el cielo girara y la Tierra se mantuviera fija, o que la Tierra girara y el cielo fuera estático, o que ambos se movieran. Estos dos últimos filósofos rechazaron la hipótesis de rotación diaria de la Tierra, pero se plantearon esa interrogante.

El paradigma aristotélico empezó a tropezar con problemas cuyas respuestas no eran tan simples de explicar; según Koyré los argumentos de Aristóteles y Ptolomeo sobre los planteamientos del movimiento de rotación de la Tierra eran dos:

“1o. la velocidad formidable de este movimiento (rotativo) desarrollaría una fuerza centrífuga de tal amplitud que los cuerpos no unidos a la Tierra serían lanzados lejos; 2o. este mismo movimiento obligaría a todos los cuerpos no ligados a la tierra, o temporalmente separados de ella, como las nubes, pájaros, cuerpos lanzados al espacio, etc., a quedarse atrás”⁶⁹

69. Koyré, Alexandre. “Galileo y la revolución científica”, op. cit., p. 186

El movimiento viene a afectar al móvil y si la Tierra se moviera sobre su eje, el cuerpo que cae continuaría su ruta independientemente del movimiento de la Tierra.

Una nueva concepción aparece con Nicolás Copérnico (1473-1543) siempre dentro del esquema organicista, pero aplicando la mecánica celeste a los fenómenos terrestre, sin dividir cualitativamente el cosmos en dos mundos separados:

“La respuesta de Copérnico es bastante débil: intenta demostrar qué consecuencias desgraciadas deducidas por estos últimos podrían ser justas en el caso de un movimiento violento. Pero no del movimiento de la Tierra y con relación a las cosas que pertenecen a la Tierra, pues, para ellas, es un movimiento natural. Es la razón por la que todas estas cosas, las nubes, los pájaros, las piedras, etc. participan en el movimiento y no se quedan atrás.”⁷⁰

Así como el trayecto aparentemente rectilíneo del cuerpo en caída libre, que siendo curvo es como si no existiera por participar y ser común al movimiento de la Tierra. Los argumentos no se basaban en un sistema físico, sino en una concepción mítica de la naturaleza, en una óptica del movimiento. Para Copérnico el Sol era el centro del Universo, porque para él, era más digno estar en reposo y dar luz en su lugar, y la Tierra describía alrededor del Sol una órbita circular (según Fischl el manuscrito original describía una órbita elipse, pero Copérnico la borró influido por la imagen del mundo medieval)*.

Copérnico observó el movimiento de las estrellas y de acuerdo a sus observaciones presentó dos tesis fundamentales: la rotación de la tierra sobre su eje y la traslación anual de la tierra alrededor del sol. Tesis que contradecía los principios generales de la estructura ptolomeico-aristotélica, por lo que sus hipótesis fueron rechazadas.

70. Ibid., pp. 187-188

* Cfr. Johann Fischl, p. 232

C. REVOLUCION COPERNICANA

La revolución se empezó a gestar desde que las explicaciones no eran lo suficientemente claras o que el sentido común no las veía plausibles; en la física terrestre se presentaba el problema del movimiento horizontal al lanzar un objeto. Se pensaba que el cuerpo aumentaría su velocidad después de haber sido lanzado, y el concepto de aceleración se interpretaba como una propiedad del cuerpo mismo. Surge la interpretación del Impetus como teoría explicativa, pero no era una respuesta mecánica. Una respuesta a este problema lo presenta Galileo Galilei (1564- 1642).

Galileo consideró que un cuerpo permanecía en movimiento en línea recta, mediante la experimentación de una bola en un plano inclinado: si la bola rodaba hacia abajo en el plano ésta aumentaba su velocidad; si por el contrario la bola rodaba hacia arriba, la velocidad disminuía; entonces, si el plano estaba paralelo a la superficie de la tierra, la bola al ser empujada permanecería con velocidad constante, dentro de ciertos límites, y sin obstáculos. Esta es la formulación original de la ley de la Inercia, interpretación que destruye el esquema del movimiento natural (que los cuerpos buscan su lugar natural), deja de ser una concepción metafísica teleológica y pasa a ser una concepción física.

Isaac Newton (1643-1727) describe al espacio en el Universo, como espacio vacío, y explicaba que los cuerpos no se movían con un propósito a lugares naturales, sino su movimiento era de manera mecánica, más adelante se analizará los conceptos operacionales de fuerza, masa y aceleración.

En la física celeste los argumentos de Copérnico generan ya un cambio a la mecánica posterior; la aplicación de leyes celestes a cuerpos terrestres rompe con los mundos separados de Aristóteles y el trayecto aparentemente rectilíneo en caída libre. Giordano Bruno (1548-1600) elaboró el sistema mecánico implícito en Copérnico, sustituye la dinámica aristotélica por la del Impetus, como una virtud

motriz en los cuerpos, compara a la Tierra y lo que en ella hay a un navío que navega en el mar y la influencia de éste sobre los objetos que están en el navío. Pero ve al Universo como un receptáculo y no como una envoltura a manera aristotélica, donde no hay esferas fijas ni límites, sino un espacio lleno de éter donde están los cuerpos celestes, y, donde no hay planeta preferido; defender esta hipótesis lo llevó a la hoguera. En esa época era inaceptable creer en la existencia de otro planeta como la Tierra, los escolásticos consideraban que de ser así, el hijo de Dios no podía ir de planeta en planeta para dejarse crucificar.

Aún Tycho Brahe (1546-1601) no aceptaba el movimiento relativo a la Tierra: en su ejemplo, de lanzar una bala de cañón al este y al oeste, ésta recorría distancias iguales en tiempos iguales, atribuía a un alma a los cuerpos y afirmaba que la rotación de la Tierra no permitía dicho movimiento. Los trabajos de Brahe fueron la base de los trabajos de Johannes Kepler su discípulo (1571-1630), quien creía que el movimiento pertenecía ontológicamente a un nivel superior que el reposo, y explicaba que los cuerpos no unidos a la Tierra o temporalmente separados, como las piedras lanzadas al aire, las balas lanzadas al este o al oeste, regresaban a su lugar debido a una fuerza; la fuerza de atracción mutua de los cuerpos:

“Kepler piensa que todas estas cosas están ligadas a la Tierra por innumerables cadenas lo que explica que nubes y vapores, piedras y balas, no permanezcan inmóviles en el aire, sino que sigan a la Tierra en su movimiento.”⁷¹

Descubre las tres leyes de los planetas que originó la Mecánica Celeste, éstas se enuncian: 1era. ley, “Todo planeta gira alrededor del Sol describiendo una órbita elíptica, en la cual el Sol ocupa uno de los focos.”⁷² En realidad las órbitas difieren poco con la de una circunferencia, pero Kepler observó esto y la relación del Sol con

71. Ibid., pp. 191-192

72. Alvarenga B., A. Máximo. Física General. México: HARLA; 1987, p. 208.

respecto a los planetas utilizando las mediciones de Tycho Brahe, corrigiendo el sistema de Copérnico. La 2da. ley, "El radio focal que une a un planeta con el Sol describe áreas iguales en tiempos iguales."⁷³ Kepler demostró que los planetas se mueven con más rapidez cuando están más cerca del Sol, y más lentos cuando se alejan. La 3era. ley, "Los cuadrados de los períodos de revolución de los planetas son proporcionales a los cubos de los radios de sus órbitas"⁷⁴; expresado matemáticamente

$$\frac{T^2}{r^3} = K$$

donde K es una constante para todos los planetas y que T² es proporcional a r³. No es más que la relación del cuadrado del período de revolución de cada planeta entre el cubo del radio del planeta.

La revolución de Kepler se da en el sistema geocéntrico del Universo y prueba el comportamiento mecánico de los planetas sin atribuirles ninguna explicación metafísica; de hecho describió ese comportamiento sin ocuparse de sus causas. Es una cinemática del movimiento planetario que sirvió de base para la elaboración de la mecánica del movimiento planetario.

La revolución científica en el hombre moderno busca dominar la naturaleza, lleva a la acción la filosofía, su moral, su religión, mucho más de lo que hacían los medievales, y fue la experimentación lo que la caracteriza, el interrogar metódicamente a la naturaleza, y esa actitud mental se puede describir en dos rasgos:

"1.o, la destrucción del cosmos y, por consiguiente, la desaparición en la ciencia de todas las consideraciones fundadas en esta noción; 2.o, la geometrización del espacio cósmico cualitativamente diferenciado y concreto, el de la física

73. Ibid., p. 209

74. Ibid., p. 210

pregalileana, por el espacio homogéneo y abstracto de la geometría euclídea. Se pueden resumir y expresar estas dos características: la matematización (geometrización) de la naturaleza y, por consiguiente, la matematización (geometrización) de la ciencia.⁷⁵

Pero ¿qué significa la destrucción del cosmos? Desde el punto de vista ontológico, significa el cambio de un mundo finito, ordenado y cualitativamente diferenciado, por un universo abierto, infinito, regido por leyes universales para los cuerpos celestes y terrestres (sin distinción); la astronomía y la física se unen, porque todas las cosas pertenecen a un mismo nivel de ser (al contrario del paradigma aristotélico que explicaba al Cielo opuesto a la Tierra y separado de ella).

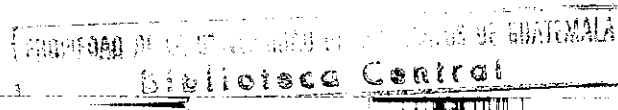
1. Movimiento y aceleración en Galileo.

Según Koyré, los experimentos de Galileo fueron imaginarios, porque todo experimento lleva cierto grado de imprecisión al no contar con el equipo adecuado, más aún en la época de Galileo. Explica dos afirmaciones de Galileo sobre la ley de caída libre de los cuerpos:

“La primera concierne a la estructura matemática y dinámica del movimiento de la caída. Afirma que este movimiento obedece a la ley del número y que los espacios atravesados en intervalos sucesivos (e iguales) de tiempo son *ut numeri impares ab unitate*; en otros términos, que una fuerza constante, contrariamente a lo que había enseñado Aristóteles, determina no un movimiento uniformemente acelerado, es decir, que la acción de la fuerza motriz produce no una velocidad, sino una aceleración.

La segunda añade, igualmente, al contrario, que Aristóteles, que en su movimiento de caída todos los cuerpos, grandes y pequeños, pesados y ligeros, es decir, cualesquiera que sean sus dimensiones y sus naturalezas, caen, en principio, si no realmente, con la misma velocidad; en otros términos, que la aceleración de

75. Koyré, Alexandre. “Galileo y Platón”, op. cit., p. 154



la caída es una constante universal".⁷⁶

La primera afirmación relaciona a los números; los espacios recorridos en intervalos sucesivos (como los números impares 1,3,5,7...), y a los cuadrados con los espacios recorridos desde el inicio de la caída; es decir, las velocidades aumentan proporcionalmente con el tiempo: cuando un cuerpo se acelera, recorre una distancia mayor cada segundo que la que recorre el segundo anterior, esto es que la velocidad aumenta cada segundo. También implica la ley de la inercia, la de conservación del movimiento, lo cual en Aristóteles es imposible (teoría sobre una fuerza motriz constante y externa al cuerpo para que permaneciese en movimiento).

La teoría galileana se fundamentaba en los siguientes argumentos: cuando los graves (cuerpos) grandes y pequeños, de idéntica naturaleza, caen, lo hacen simultáneamente, por la relación que se explica en la primera asección, contrario a lo que decía Aristóteles (que las velocidades de los cuerpos en caída libre eran proporcionales a sus pesos, e inversamente proporcionales a la resistencia del medio en que caían). Explicaba Galileo que la diferencia en la caída de dos cuerpos no era en esa proporcionalidad, sino la diferencia era mínima.

Según Aristóteles la velocidad en el vacío sería infinita, porque la velocidad era inversamente proporcional a la resistencia del medio; en el vacío como no hay resistencia la velocidad de un cuerpo se incrementaría al infinito, haciendo imposible de pensar un movimiento instantáneo. En el vacío, para Galileo, los cuerpos caerían todos con la misma velocidad, pero no se podía operar en el vacío, y Galileo invierte el procedimiento para su hipótesis: parte que la velocidad igual de la caída de los cuerpos en el vacío puede encontrar los datos de la experiencia real. Explicaba que una vejiga llena de aire tiene un mínimo peso, y al dejarla caer de una determinada altura junto con una bola de plomo de igual volumen, la diferencia o ventaja no sería

76. Koyré, Alexandre. "El de motum Gravium de Galileo: Del experimento imaginario y de su abuso", op. cit., pp. 206-207

el triple, ni el doble. El hecho que la velocidad difiera cada vez más entre más alto están, confirma la tesis, porque esa diferencia de velocidades no la causa los pesos, sino factores exteriores, como la resistencia del medio. De lo contrario, la diferencia de velocidades entre los cuerpos permanecería constante en el movimiento.

Galileo se fundamenta en el principio que las causas constantes producen efectos constantes. Parece ser que los aristotélicos no se preocupaban de este principio científico y que para ellos los factores constantes podían producir efectos variables.

La segunda afirmación: Galileo expresa que la constante de aceleración tiene un valor universal, y también la igualdad en aceleración de los cuerpos en el vacío, lo que negaba Aristóteles. La aceleración viene a ser un efecto de la gravedad, y el aumento de la velocidad al caer un cuerpo un efecto secundario.

Galileo comete un error al explicar el papel de la resistencia del medio, a diferencia de la tesis aristotélica acerca de que el grave busca su lugar natural y la resistencia del medio es constante, la velocidad sería constante con ese cuerpo u otro de la misma materia. El error no consiste en la afirmación de que la resistencia del medio no es constante, sino que es variable en función de la velocidad, la resistencia no aumenta por cambios del medio, aumenta por el aumento de velocidad lateral producida por el cuerpo que cae. A pesar que la respuesta de Galileo es errónea, es ya una explicación mecánica y la gravedad es una causa del cuerpo, parte intrínseca de él, como una fuerza constante e igual para todos los graves. Contradice la teoría de fuerzas externas y continuas sobre los cuerpos del modo aristotélico. Por ello, la aceleración de los cuerpos en caída libre es constante. Y sobre la diferencia de materia de los cuerpos, al menos en los terrestres, demuestra que no difieren cualitativamente.

Otro principio de la doctrina galileana, además de la causa de la aceleración que es la gravedad como inherente al cuerpo, es que la resistencia se da a la aceleración y no al movimiento, siendo ésta

proporcional a una fuerza dada e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Aunque sus respuestas parecen indicar que las velocidades son proporcionales a los pesos del modo aristotélico, Galileo se refiere a las aceleraciones y no a velocidades o movimiento.

Para Aristóteles la gravedad (cuerpos pesados) y los cuerpos ligeros son cualidades opuestas, Galileo demuestra que todas estas propiedades no son opuestas sino relativas.

En conclusión para Aristóteles la velocidad era:

“La velocidad de un cuerpo en movimiento es directamente proporcional a la fuerza motriz e inversamente proporcional a la resistencia ($V=F:R$) y por esto, una fuerza constante, en un medio constante, produce un movimiento uniforme.”⁷⁷

Galileo describe $a = F:R$ o $a = F:R_i + R_e$; donde la aceleración es directamente proporcional a la fuerza motriz, e inversamente proporcional a la resistencia (interna y externa)*. Parece una analogía entre el concepto aristotélico y el galileano, pero Koyré lo describe como una identidad formal entre ambas, y afirma que la fórmula galileana deriva de la aristotélica por una adición (la resistencia interna a la del medio exterior) y por una sustitución del movimiento (que para Aristóteles es lo mismo que velocidad) por la aceleración; siendo ésta una sustitución y no una modificación es un punto medular de la revolución científica.

La física aristotélica concebía al movimiento como un cambio, Galileo lo concibe como un estado:

“La física galileana, la física clásica, no concibe ya el movimiento como cambio, sino -por lo menos cuando es uniforme- como un verdadero estado. Por eso puede perdurar y conservarse sin

77. Ibid., p. 248

* Cfr. *ibid.*, p. 248

causa: privado o separado del motor, el móvil proseguirá, pues, su movimiento. Al contrario, la aceleración es un cambio; efectivamente, el móvil no permanece en el mismo estado; se habet aliter et aliter. Por eso la aceleración exige una *causa* o una *fuerza* estrictamente proporcional a sí misma; y deja de producirse cuando cesa la acción de ésta.”⁷⁸

D. LA MECANICA DE NEWTON

El fin de la filosofía de Newton se centra en el sistema de Filosofía Corpuscular, una concepción atómica con fuerzas mecánicas; un sistema constituido por átomos como unidad de la materia y la luz, sobre los cuales actúan diversas fuerzas o campos de fuerzas,

“esto es, las partículas duras e indivisibles como afectadas constantemente por todo un sistema de diversas fuerzas *no materiales, atractivas y repulsivas*.”⁷⁹

Partículas que cuanto más pequeñas, eran más duras, y las más pequeñas, sin peso e indivisibles. Newton concibe un algo que hace atraer y apretarse unas partículas con otras, ese algo comprende a agentes de la naturaleza, a fuerzas inmateriales en sentido metafísico*. Este sistema admitía espacios llenos de un éter muy fino, con densidad pequeña; por lo que, expone la existencia de un vacío y un rechazo de la física del plenum: “Así... explica largo y tendido la inadmisibilidad física (astronómica) del plenum.”⁸⁰ Según Newton si el espacio fuera lleno, se opondría al movimiento, formaría una resistencia al mismo que lo llegaría a anular.

78. Ibid. p. 249

79. Koyré, Alexandre. “Dios y el mundo”. Del Mundo encerrado al Universo infinito. México: Siglo veintiuno editores, s.a., UNAM; 1982, p. 193.

* Cfr. *ibid.*, pp. 198-199.

80. Loc. cit.

El movimiento se origina por causas, leyes o principios mecánicos, la acción de estos principios da al mundo su estructura y orden, que a su vez permite reconocer que el mundo es producto de la voluntad, la voluntad de Dios.

Dos hipótesis presenta esta Mecánica, una, la teoría atomista de partículas dotadas de inercia, y otra, la existencia de un medio etéreo. La tendencia de la Mecánica era liberar a la Física de la Metafísica, donde la Ciencia pasa a convertirse en un conjunto de leyes, formuladas en forma matemática y, en lo posible, inferibles de fenómenos; leyes que explican por medio de descripción de las cosas o los fenómenos cuya verificación se obtiene de las consecuencias empíricas.

Para la Mecánica el tiempo es absoluto que fluye constantemente independiente de cualquier factor externo, es duración. El espacio como el tiempo no son observables experimentalmente, son presupuestos del movimiento y medibles, pero teológicamente explicables; presupuestos que se identificaban con Dios, porque él constituía el espacio y el tiempo.

Newton conservaba alguna influencia de la filosofía aristotélica, consideraba que en cada esfera, había un ser divino que la movía, y esto se ve en la afirmación de que el espacio absoluto es el sensorio de Dios.

1. Dinámica de Newton.

La primera ley de Newton es la ley de la *Inercia*, que se inicia con los experimentos de Galileo y que atribuye la propiedad inercia a todos los cuerpos, por la cual un cuerpo tiende a permanecer en reposo o si se encuentra en movimiento seguirá en movimiento a velocidad constante:

“Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme a menos que una fuerza externa no equilibrada

actúe sobre él.”⁸¹

Si esta proposición se enuncia: “un cuerpo, sobre el cual no actúa una fuerza, se mantiene en movimiento rectilíneo con velocidad constante”; no expresa nada acerca de un cuerpo determinado en el mundo real, es decir, la proposición no tiene significado operacional, pues para ello debe explicarse el sistema físico de referencia para que estos términos tengan validez. Si se tiene un sistema de referencia, un sistema que proporcione validez a las conclusiones (el sistema inercial), como una estructura lógica que se acepta por convención de cómo usar términos (fuerza desequilibrada, movimiento rectilíneo, aceleración, etc.) hace posible una descripción de fenómenos en movimiento.

La ciencia moderna utiliza sistemas formales para describir fenómenos no únicamente de hechos observados. Para que estos símbolos que se emplean en estructuras formales expresen el mundo físico, se debe hablar de definiciones operacionales; por lo tanto, el procedimiento de la ciencia moderna es combinar los métodos de la observación sensible con los de la estructuración lógica dentro de un sistema formal, y por la aplicación de definiciones operacionales al sistema, producir el resultado de las observaciones simples.

Su ley de la inercia conserva un elemento de la teoría organicista o teológica, en la explicación sobre el movimiento del sistema planetario, en que los planetas se movían alrededor del sol formando una elipse, y el sol se encontraba en uno de sus focos como una determinación de Dios omnipresente, lo señala como una analogía con la planeación deliberada en las relaciones humanas. Así como la filosofía aristotélica que explicaba el movimiento con referencia a movimientos orgánicos, Newton dice cómo predecir los movimientos en un sistema mecánico en un determinado tiempo, con un estado inicial, posiciones y velocidades de todas las masas del sistema. Supuso que todas las

81. Tippens, Paul E. *Física Conceptos y aplicaciones*. 3a. ed., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A. DE C.V.; 1989, p. 45.

condiciones estaban determinadas por una inteligencia sobrehumana. Por lo tanto, las leyes de Newton tienen un significado operacional cuando hacen referencia a un sistema inercial con operaciones físicas; este sistema (el sensorio de Dios) permitía aplicar la Mecánica, pero se basó en un hecho accidental, el considerar el sistema de estrellas fijas en reposo en el espacio absoluto; entonces, la ley de la inercia es válida respecto al espacio absoluto.

a. Fuerza y Masa.

La base experimental que utiliza la inducción en sus diferentes fases, se puede corroborar si los conceptos que se relacionan tienen un significado operacional. Un concepto tiene significado operacional si se puede definir operacionalmente; en otras palabras, se puede describir un conjunto de operaciones físicas que se deben realizar para asignar en cada caso un valor determinado solamente al concepto.

La definición operacional de una cantidad individual se puede entender como definición aproximada, porque solamente en circunstancias favorables o condiciones específicas se puede describir una serie de operaciones que proporcionarían descripciones de una cantidad de partículas, o conceptos como fuerza y masa.

La ley de la inercia es fundamental para interpretar la mecánica moderna, pero términos como movimiento rectilíneo, velocidad constante, aceleración, necesita un sistema de referencia -el sistema inercial- para poder ser definidos operacionalmente. La segunda ley hace referencia al cambio en un cuerpo respecto al movimiento rectilíneo cuando ejerce una fuerza F ; o al cambio de reposo a movimiento y viceversa; dicho cambio puede medirse mediante el vector aceleración "a" (este vector está determinado por el cambio de velocidad que también es un vector y por lo tanto tiene dirección).

El vector fuerza F es proporcional a la fuerza que otros cuerpos ejercen sobre el cuerpo en movimiento. La proporcionalidad que hay entre fuerza y aceleración, $F \propto a$, tiene que contener el factor masa

" m " del cuerpo que la fuerza actúa y se define como cantidad de materia.

Newton formuló su ecuación $F=ma$ donde m denota la masa del cuerpo, a la aceleración causada por la fuerza F que se ejerce sobre el cuerpo; la definición operacional de masa se puede interpretar en la relación de masas diferentes cuando existe la influencia de una misma fuerza. La definición de masa como cantidad de materia es referente al sentido común, es decir, se entiende que en determinado volumen hay cierta cantidad de materia; si se supone como lo hicieron los atomistas griegos, ésta es cantidad de materia compuesta por pequeñísimas partículas indivisibles y no visibles, los átomos. Concepción que considera a la masa como agrupación de partículas iguales en un volumen específico, pero esto no es una descripción operacional porque no dice cuánta cantidad de movimiento contiene un cuerpo móvil.

La Física ha utilizado el concepto masa de manera operacional, así como la fuerza tiene una fórmula que hace referencia a una fuerza que actúa sobre un cuerpo " x ", un valor F depende de un sistema referencial externo al cuerpo. Si hay dos cuerpos de diferentes masas, éstos presentarán aceleraciones diferentes en iguales circunstancias al aplicarle una fuerza F ; o sea, a un mismo sistema referencial, la fórmula describe a esas fuerzas el mismo valor F ; así: dos cuerpos con masas distintas m_1 y m_2 tendrán aceleraciones a_1 y a_2 también diferentes, cuando se les de el mismo empujón, $F = m_1 a_1 = m_2 a_2$. Esta razón de sus aceleraciones, a_1/a_2 , será siempre la misma para dos cuerpos específicos y esta razón depende de los cuerpos mismos y no de F .

El producto $m \times a$ depende sólo de las circunstancias externas, F , y no de los cuerpos mismos. Por ejemplo: si se toma la unidad como una masa arbitraria, la fórmula $m \times a$ puede expresarse en función de las circunstancias externas, F . Esa función contiene el fundamento principal de la mecánica newtoniana.

La fórmula sola $F = ma$ es una definición de fuerza y no una ley física que se demuestre con la experimentación; pero, si en la relación $m \times a = F$, a significa aceleración respecto de un sistema inercial, se vuelve una ley que representará hechos físicos.

Considerando el tiempo y espacio absolutos, las definiciones operacionales de fuerza y masa parecerían ser leyes universales de la naturaleza, principios inteligibles de los cuales se pueden deducir verdades filosóficas. La validez de esto es puramente formal (lógica).

La ciencia mecánica moderna conservaba algo de las teorías organicistas, como ya se indicó al interpretar al espacio absoluto como sensorio de Dios. La concepción de la gravedad antes de Newton era como un fuerza terrestre, la fuerza ya sea interna o externa con que un grave tiende a caer hacia el centro de la Tierra, Newton niega que esta fuerza se restrinja a la superficie de la Tierra y que el origen de la fuerza sea terrestre, y así lo demuestra con su ley de gravitación universal.

E. ANOMALIAS EN LA FISICA CLASICA

La mecánica moderna explicaba el movimiento, donde el espacio se concibe absoluto como concepto teórico y como parte explicativa de la teoría:

"II. El espacio absoluto, por su propia naturaleza y sin relación alguna con nada externo, permanece siempre similar e inmóvil. El espacio relativo es una dimensión o medida móvil de los espacios absolutos, que nuestros sentidos determinan de acuerdo con su posición con respecto a los cuerpos y que por lo común se toma como espacio inmóvil; tal es la dimensión de un espacio subterráneo, aéreo o celeste, determinado a través de su posición con respecto a la tierra."⁸²

82. Newton, Sir Isaac. "Principios matemáticos de la filosofía natural". De La teoría de la relatividad; Selección de L. Pearce Williams; Madrid: Alianza Editorial; 1973, p. 18.

La principal idea de Newton, la que interesa destacar en este caso, es la idea del espacio absoluto, el cual se interpreta con independencia de la materia para explicar el vacío y la existencia de átomos y fuerzas, esto además de ser un atributo de Dios. La física clásica precisa del concepto de espacio, porque el movimiento ocurre en el espacio; el movimiento siempre es relativo entre un cuerpo y otro, o entre un cuerpo respecto a un lugar; el movimiento entonces, se entiende como el cambio de lugar en un espacio fijo, inamovible, donde se pueda determinar la duración.

Se podría resumir los elementos que integran el universo newtoniano: en primer lugar, la estructura inercial del espacio mismo, es decir, que posee la propiedad de que si un objeto se le fija su posición y se le da una velocidad, este objeto mantendrá una trayectoria de forma natural en línea recta (de manera geométrica), como concebir al espacio en un área geométrica, constituido por directrices que conforman la trayectoria que siguen los cuerpos de acuerdo a la posición y velocidad de cada uno. Este cuadro clásico de la mecánica moderna lo describe Coffa:

“Desde esta perspectiva cabe concebir al espacio como una infinitud de delgadísimos surcos que constituyen los trayectos naturales inerciales de los objetos físicos. De cada punto emana una infinitud de tales surcos, y cuál sea el que corresponda a un móvil determinado dependerá tan sólo de su posición y su velocidad.”⁸³

Este curso de trayectos inerciales, sujetos a la posición y velocidad, da la idea que es el espacio el que posee la estructura inercial y no los objetos, además de presentar un espacio abierto, infinito, donde esos surcos no se intersectan del modo euclideano, un espacio geoméricamente determinado.

La noción de espacio newtoniano no tiene como fin él explicar

83. Coffa, J. Alberto. “Idea de la Relatividad”. *Revista Latinoamericana de Filosofía*, vol (v) No. 3, Nov. 1979, p. 199.

causalmente el movimiento; su finalidad es conceptual, especificar un marco de referencia donde resulten verdaderas las leyes de la mecánica. Por ejemplo, la primera ley enuncia que un cuerpo sobre el cual no actúa ninguna fuerza externa mantendrá su estado de reposo o de movimiento rectilíneo; esto es respecto a un sistema, el espacio absoluto. Para fines prácticos las leyes de la mecánica clásica se aplican a sistemas inerciales o marcos inerciales o galileanos. Estos marcos representan el sistema de referencia de la mecánica clásica, un sistema de coordenadas que presuponen distancias y tiempos absolutos:

“si bien el movimiento absoluto es un movimiento que ocurre independientemente de la existencia de otros cuerpos, sin embargo, el movimiento tiene que darse con respecto a algo, o en relación con algo (recuérdese que Newton comparte con sus coetáneos la convicción filosófica o conceptual de que todo movimiento, por consistir en un cambio de relaciones espaciales, es relativo); y dado que este algo o pueden ser los otros objetos materiales, entonces tiene que ser el espacio, un espacio entendido como entidad independiente de los objetos materiales, o sea, el espacio absoluto.”⁸⁴

En segundo lugar, otro elemento del universo newtoniano es, o son, las fuerzas que se ejerce en los cuerpos físicos, incluyendo las gravitacionales, porque toda fuerza ejercida sobre un cuerpo lo desvía de su trayectoria inercial; la dinámica comprende este estudio, el del movimiento de un sistema, diferenciando la inercia de las desviaciones causadas por fuerzas.

El descubrimiento de la teoría ondulatoria de la luz en el siglo XIX que explica este fenómeno de manera distinta a la teoría corpuscular, origina el planteamiento de un sustrato material para que la luz se ondulase, el éter luminífero. Al igual que la luz, se comprobó el comportamiento del calor; ya hacia los años 70-79 del siglo pasado, la

84. Nathan, Elia. “Notas sobre el concepto de espacio absoluto: Newton y Einstein”, Tercer Simposio Internacional de Filosofía I, UNAM (1): P. 152. 1989.

electricidad y el magnetismo se estudiaban dentro de un marco de la presencia del éter. Esta aceptación del éter era una anomalía que adolecían las teorías de la física clásica, así como una dimensión filosófica que interviene en los fundamentos de las leyes físicas; y tal vez el más ingenioso de darse cuenta de este último aspecto fue el físico y filósofo austriaco Ernst Mach (1838-1916) que plantea la noción de sistema inercial y un análisis de teoría relacional del espacio; e insistió sobre la relatividad del espacio y tiempo absolutos que Newton desarrollara.

Para Mach, el movimiento puede ser uniforme con respecto a otro movimiento, expresa que no se justifica hablar de un tiempo independiente de todo cambio,

“Este tiempo absoluto no se puede medir por comparación con ningún movimiento; por ende, está desprovisto tanto de valor práctico como *científico*.”⁸⁵

Su crítica se dirige a la contradicción que Newton hace (por no estar de acuerdo con él mismo a su intención, que según Mach, era investigar hechos reales);

“Nadie tiene competencia para emitir juicios acerca del espacio absoluto o del movimiento absoluto, pues son puras cosas del pensamiento, puras construcciones mentales que no se pueden producir en la experiencia.”⁸⁶

Mach sostiene que las fuerzas inerciales se explican como otras fuerzas, la gravedad, la interacción de masas en la teoría gravitatoria de Newton, y sustituye el espacio absoluto de Newton por el sistema inercial,

85. Mach, Ernst. “La ciencia de la mecánica”. De La teoría de la relatividad; Selección de L. Pearce Williams; Madrid: Alianza Editorial; 1973, p. 27.

86. *Ibid.*, p. 28

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ESTADOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

“En lo que antecede hemos intentado dar a la ley de la inercia una expresión diferente de la que comúnmente se utiliza. En la medida que exista un número suficiente de cuerpos aparentemente fijos en el espacio, la nueva expresión proporcionará los mismos resultados que la antigua.”⁸⁷

Pero Mach no propone una teoría, sino la idea para desarrollarla como alternativa de la explicación de fuerzas en el espacio. El propio Albert Einstein reconoció la influencia de esta idea en su teoría.

F. REVOLUCION EINSTENIANA

Einstein considera que la teoría especial de la relatividad ha de sustituir a la mecánica newtoniana, y las transformaciones de Lorentz a las coordenadas galileanas, así como interpretar el tiempo y espacio absolutos en relativos.

La teoría de la relatividad expresa el derrocamiento de una teoría, la mecánica moderna, a diferencia de un universo euclideo, infinito, abierto, newtoniano, Einstein presenta un universo finito, acotado y curvo. Su física se construye en una geometría riemanniana y en el concepto espacio- tiempo.

La geometría euclidea no era válida para un cuerpo rígido que giraba, sino sólo se regía para las propiedades de los cuerpos rígidos fijos. La característica operacional de la geometría euclidea es la línea recta y las proposiciones que hablan de líneas rectas. Por ejemplo, se puede calcular el área de un polígono (que son figuras planas cerradas limitadas por segmentos rectilíneos), sumando las áreas de los triángulos en que se descompone. Pero, calcular el área de regiones limitadas o acotadas por una curva, se efectúa utilizando la geometría riemanniana, la integral definida.

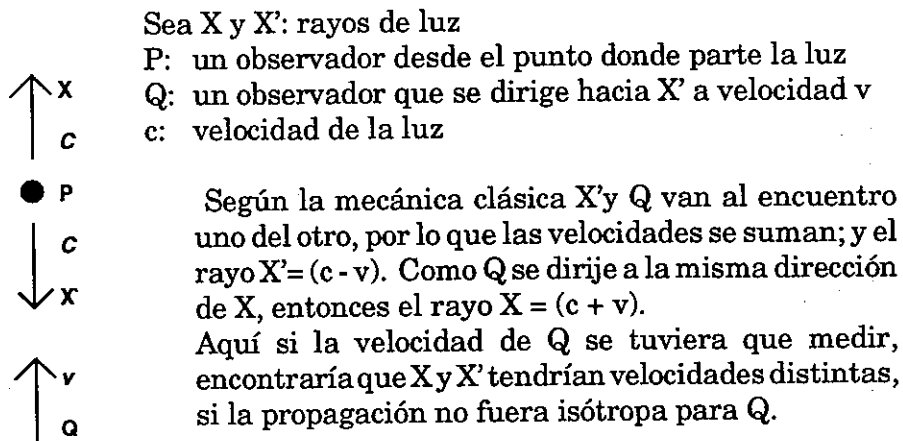
Para Einstein el campo de gravitación es similar al movimiento de

87. Ibid., p. 33

móviles acelerados o móviles en rotación, (como lo es el movimiento centrífugo, el gravitacional, y la velocidad angular de un disco que gira).

La característica de un movimiento en el campo gravitatorio lo es también del movimiento de un móvil acelerado o en rotación. Si el movimiento de un móvil es inercial y no hay fuerza que actúe sobre él, la forma geométrica de su trayectoria será una línea recta, no importando su masa. Si el móvil está acelerado, como en la rotación, la masa recorrerá un curso creado por una fuerza centrífuga. En ambos casos la trayectoria la define la aceleración del móvil, sin importar su masa; y a las fuerzas que resultan de los movimientos acelerados se les denomina inerciales o aparentes, a diferencia de la fuerza que resulta de la interacción de las masas del sistema que se mueve, como ocurre en el campo de gravitación. Según el principio general de equivalencia de Einstein, todo movimiento relativo a un cuerpo acelerado se puede interpretar como un movimiento relativo a un sistema inercial dentro o con influencia de un campo gravitacional.

La teoría de Einstein muestra que la constancia de la velocidad de la luz no se limita a la ley de adición de velocidad de la mecánica clásica, que no consideraba a la luz isótropa (idéntica en todas las direcciones); de acuerdo al diagrama:



Pero los experimentos afirman que X y X' es igual tanto para P como para Q por lo que la ley de adición de velocidades de la mecánica clásica no se cumple.

El espacio newtoniano es independiente del tiempo, ambos absolutos, pero la relatividad lo vuelve o estima relativo estos conceptos y fracciona el Universo en el espacio y en el tiempo: dados dos observadores que se encuentren en movimiento, mide el espacio y el tiempo para cada uno, uno respecto al otro, y para trasladar las mediciones de uno para el otro utiliza fórmulas denominadas "transformaciones de Lorentz" que vienen a sustituir las transformaciones o coordenadas galileanas.

El tiempo, la velocidad infinita, el espacio absoluto, abstracto y metafísico que no se somete a ninguna contingencia, los cuales sujetaban a la Física, se convierten en una fusión del espacio y el tiempo, espacio y tiempo relativos que sostienen un concepto absoluto: la invariancia de la velocidad de la luz. El Universo ya no se acepta con cualidades mecánicas de fuerzas: se presenta con cualidades con la luz, como una explicación electromagnética, que desplaza la masa absoluta y la materia; en la relatividad la masa varía con la velocidad, la materia se crea o se destruye, y la energía se conserva y contiene masa. Las mediciones reales de tiempo y de longitud debe contemplar las propiedades de la luz; las ondas electromagnéticas son necesarias intermediarias para la medición física.

1. La curvatura del espacio, en la estructura espacio-tiempo.

La curvatura es una magnitud que se representa por una ecuación análoga a la de la curvatura de una superficie en la geometría de tres dimensiones. El término "acontecimiento" en Física expresa el resultado de la coincidencia en el tiempo y en el espacio, que genera un efecto y se basa en la comprobación de acontecimientos. Para ello es fundamental la medida del tiempo y del espacio.

En la física clásica, los fenómenos naturales se insertaban en el espacio sin afectarle porque las bases de la ciencia constituían las condiciones a priori para su interpretación, el caso de la Geometría y de la Cinemática. La teoría de Einstein reacciona en el dominio de la Física sobre la Geometría, en la identidad de la masa pesante y la masa de inercia en el cambio de orden cinemático como presupuesto de las características de una gravitación. (Para diferenciar la masa pesante de la de inercia, se puede identificar a la masa pesante en la que se mide por medio de una balanza, donde interviene la Tierra y su fuerza de atracción, la gravedad. La masa de inercia, se puede ejemplificar del siguiente modo: si a dos cuerpos A y B se aplica la misma fuerza sobre una superficie plana sin fricción, y si con dicho impulso el cuerpo A adquiere una velocidad que triplica a la velocidad del cuerpo B, entonces se dice que la masa de A es el triple que la de B; aquí la atracción y la presencia de la Tierra son ajenas para la medición).

El concepto de fuerza antropomórfica, que desvía a un cuerpo de su movimiento rectilíneo uniforme se sustituye o se aclara como la dependencia del espacio respecto a la materia, el espacio-tiempo es curvo, un movimiento no en los surcos inerciales, sino como una bola que recorre el borde de una palangana. Así, los astros que giran alrededor del sol, se mueven en sus canales naturales, las geodésicas del espacio-tiempo. Para imaginarse estas características, Paul Couderc refiere al símil de interpretación siguiente:

“Para hacernos una idea de cómo puede ocurrir esto, recurramos a una imagen ya antigua y muy útil. consideremos una tela bien tensa en un armazón rígido. La tela será plana, es decir, su geometría será la del plano. Coloquemos en ella una pesada esfera; su peso hará que la tela se deforme, se deprima; la esfera se hará un nido en ella. La geometría de la tela dejará de ser la del plano, en las cercanías de la esfera, y será necesario apelar a la geometría de una superficie curva. La deformación que introduce la esfera en la tela no es instantánea: se propaga progresivamente. Finalmente, si arrojamos una bola liviana sobre la tela, se

moverá en línea recta (sistema galileano) si no se aproxima a la esfera pesada. Pero si pasa muy cerca de la esfera, será engullida por la cubeta que forma la esfera y terminará en ella su movimiento (espacio curvo, movimiento no galileano).⁸⁸

Esta referencia presenta el movimiento en el sistema galileano, el rectilíneo y el movimiento en el espacio curvo.

El nuevo concepto del movimiento o la referencia desde la perspectiva del movimiento, con los presupuestos de la teoría de la relatividad, revolucionan la física en sus marcos referenciales para su descripción del Universo. Además de explicar lo que explicaba la física moderna, lo hace también acerca del gasto de energía de las estrellas, la gravitación universal, y construye nuevas posibilidades de progreso en la física; así la idea antropomórfica de fuerza en Newton, que se origina en la analogía del trabajo muscular, es sustituida por el concepto de campo que explica el movimiento de los cuerpos celestes dentro de la estructura del espacio-tiempo.

G. COMENTARIO FINAL

La visión sobre el concepto de movimiento descrita en este capítulo muestra que el desarrollo de la física se ha logrado por el mutuo apoyo de la razón y la experiencia, si bien es cierto que los factores psico-sociales influyen en la elaboración y aceptación de teorías, la decisión de aceptar una u otra teoría no radica exclusivamente a aspectos extracientíficos o a la propaganda que se le da en cada caso. La ciencia no es una lista o una tabla de hechos, la razón humana y su imaginación, agrupa y jerarquiza los hechos mediante la elaboración de teorías.

En esta revisión muy general del concepto "movimiento", se pretendió enfocar dos revoluciones científicas sin profundizar en sus

88. Couderc, Paul. La Relatividad. 5a. ed.; Buenos Aires: EUDEBA; 1972, pp. 57-58.

construcciones fisico-matemáticas, sino se presentó un punto de vista que permite establecer los presupuestos filosóficos en que se fundamentaron las teorías en tres paradigmas distintos.

V. CONCLUSIONES

Dentro de las características fundamentales del conocimiento científico destacan, entre otras, la objetividad, lo metodológico y la sistematización cuantitativa. Estas tres cualidades, que en conjunto diferencian a la ciencia de otras disciplinas, han prevalecido desde el siglo XVII, cuando ya se utilizó el procedimiento experimental como método de verificación y corroboración de las teorías científicas.

En la Antigüedad y Edad Media la física se constituía de una visión antropológica, animista, y las explicaciones acerca de los fenómenos naturales se orientaban hacia un análisis puramente cualitativo; la concepción aristotélica del orden natural del mundo sustentaba los supuestos metafísicos y teleológicos de la física medieval. La primera revolución científica iniciada por Copérnico modifica esta visión de la naturaleza y la física adquiere el carácter cuantitativo y metodológico, que permite la separación de la ciencia de la teología; su sistematización y análisis de fenómenos lleva a un desarrollo al conocimiento objetivo, donde el Universo se considera como una perfecta maquinaria que obedece a leyes mecánicas en un tiempo y espacio absolutos.

En el siglo XX la teoría de la relatividad plantea una concepción distinta del Universo, la perfecta maquinaria ya no se enmarca en los presupuestos absolutos e inmutables del tiempo y el espacio, éstos se vuelven relativos y la visión del hombre, en este esquema, se amplía presentando nuevas posibilidades del progreso en la física.

El concepto de revolución científica incluye los cambios que se hicieron en los fundamentos de la ciencia; el problema que se ha planteado la Filosofía de la Ciencia, entonces, se ha centrado en la evaluación de las teorías y el establecer las condiciones universales para que una teoría sea científica; es decir, la diferencia entre las teorías científicas y las pseudocientíficas que expresa el problema de la demarcación, y como consecuencia, los criterios de racionalidad y de progreso científicos que en ciencia sustentan la aceptación de las

teorías científicas como tales.

Dos tendencias de la racionalidad científica abordan este problema: el criterio empírico-racionalista lo explica partiendo del principio de que la ciencia se ha desarrollado fundamentalmente debido a un proceso extrahistórico, donde el papel de la historia no ha sido primordial. La segunda tendencia plantea un análisis de la historia de la ciencia partiendo del material histórico, por ende, desde el punto de vista histórico.

A. LOS PROGRAMAS DE INVESTIGACION EPISTEMOLOGICAS

Estos programas exponen sus criterios con el objetivo de dar las condiciones necesarias y suficientes para calificar y validar el conocimiento científico. Se podría pensar que las metodologías descritas utilizan el mismo criterio para ello, como equivocadamente se caracteriza a la Filosofía de la Ciencia. Pero cada una se fundamenta en principios específicos que las hace ser muy diferentes entre ellas.

Estas metodologías o lógicas de la investigación, llamadas así por Lakatos, hacen la reconstrucción racional de la historia atendiendo a la estructura lógico-metodológica del proceso científico; y poseen criterios generales para demarcar el conocimiento científico del que no lo es.

El programa inductivista utiliza el procedimiento inductivo y generalizaciones de principios que se sustentan en hechos demostrados, o que se derivan inductiva o deductivamente de enunciados ya demostrados. Su criterio es "la conformidad de las observaciones" (conformidad con hechos reales y concretos) y "la simplicidad". Su estructura y validez obtienen sentido a partir de la experimentación verificable; éste es su principio científico; siendo esta corroboración por experimentación, a través de la observación, su único criterio de verdad.

B. EL CRITERIO HISTORICISTA

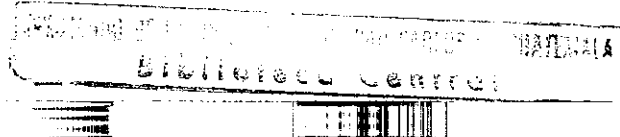
El criterio historicista en la evaluación de teorías científicas se centra en la importancia y la influencia que tiene la historia sobre éstas.

Las revoluciones científicas han marcado, en la historia de las ciencias, etapas de cambio en la ciencia, en las cuales se descartan teorías que fueron consideradas científicas y que ahora no son consideradas como tales, como es la teoría ptolomeica-aristotélica; y teorías que se aplican a condiciones específicas, como lo es la mecánica moderna.

El concepto de "incommensurabilidad", de Kuhn, explica este cambio revolucionario de la ciencia, esa ruptura de la continuidad en la ciencia. Explicación que expone las teorías nuevas, con respecto a las anteriores, como una nueva visión de ver el mundo, un punto de vista que descarta unas teorías por las que les superaron.

Es importante hacer ver que, para Kuhn, el problema de científicidad en las teorías radica en este punto de vista o gestalt, y no en el aspecto interpretativo-metodológico, por lo que las teorías (especialmente la ptolomeica-aristotélica) no pierden su valor científico, aún al haberse demostrado su falsedad.

Según Kuhn, los criterios utilizados en la elección de teorías, se han influenciado por dos aspectos: uno es el psicológico y el otro por los valores existentes en la comunidad científica que acepta o rechaza una teoría. El aspecto psicológico influye por la persuasión que hace la propaganda de la teoría nueva, y el otro aspecto influye porque dichos valores determinan las reglas del comportamiento científico; éstas pueden ser: la sencillez, la precisión y exactitud de resultados, la utilidad, etcétera. El considerar esta influencia externa, de carácter psico-social en la aceptación y elaboración de teorías, lleva a situar a la ciencia dentro del contexto histórico; y así la idea de progreso no llega a ser exclusiva de la ciencia, sino se extiende a todas



las áreas de la actividad humana, por ejemplo, a la música, al arte, y a la filosofía.

Kuhn rechaza el criterio racionalista que conduce a la ciencia hacia la verdad, o a la aproximación a ésta. No le asigna ningún carácter teleológico a la ciencia ni a otras disciplinas. Su tesis manifiesta una respuesta arbitraria al cambio revolucionario, según la moda y la necesidad social que pueda satisfacer una nueva teoría. Para Kuhn, el cambio científico de un paradigma a otro se da como una clase de cambio religioso que no obedece a reglas racionales y que pertenece al campo de la psicología social de la investigación; pero esta tesis externalista puede llevar a relativizar a las ciencias y, como tales, según mi criterio, dejarían de ser científicas.

Los valores de la comunidad científica, que Kuhn considera como uno de los factores en la aceptación de una nueva teoría, pueden representar una tipología de estipulaciones, que Hübner describe y clasifica para fundamentar los principios científicos, los cuales pueden variar en su orden de aplicación de acuerdo a la influencia del momento histórico.

Hübner sitúa a la ciencia como parte de un conjunto de sistemas históricos. Las anomalías que aparecen en el sistema científico, las explica como discrepancias que le son naturales en su desarrollo, porque no responden a la armonía del conjunto total; lo que genera mutaciones que transforman los fundamentos del sistema científico al buscar la armonización del conjunto total. Estas mutaciones representan el progreso científico, y así como Kuhn, Hübner ve el progreso en todos los sistemas que integran el conjunto. Por lo tanto, el progreso científico no se dirige hacia un fin extrahistórico.

La ciencia como sistema histórico no mejora su imagen constantemente; las teorías nuevas que son aceptadas explicarán, según Hübner, los mismos hechos que las anteriores explicaban. Lo que las teorías anticuadas pierden, es su actualidad, pero su validez, dentro de los marcos en que fueron establecidas, se conservará.

C. SINTESIS

El objetivo de este trabajo se enmarca en el problema de la Filosofía de la Ciencia, en torno al cual las metodologías que abordan este problema, presentan un conjunto de reglas para la evaluación de teorías articuladas que son parte de la estructura de la ciencia. Estas reglas funcionan como teorías de racionalidad científica que definen la ciencia; y como núcleos de programas normativos de investigación historiográfica.

Las reflexiones de Kuhn y de Hübner sobre la historia de la ciencia parecieran que pretenden eliminar el concepto de verdad en la ciencia, y es allí donde la racionalidad científica se vuelve problemática.

El problema de la demarcación de la ciencia conlleva una revisión al de la racionalidad de la ciencia, problema último al que las metodologías contemporáneas responden, por medio de la verificación empírica, la contrastación, y todo un programa de investigación científica como núcleos descriptivos de logros científicos; en este sentido una *teoría es racional si puede predecir hechos nuevos y se determina por la historia interna*.

El criterio historicista agrega que se puede ser racional dentro de un marco de referencia: en Kuhn se realiza dentro del paradigma vigente y en Hübner, es delimitado por el conjunto de estipulaciones que fundamentan los principios científicos. Este criterio es relativo a la situación histórica en que se presenta la teoría que se analiza; además, a diferencia de los programas metodológicos contemporáneos que consideran la selección de teorías determinadas por la historia interna, el historicismo plantea dicha selección dependiente de la historia externa.

Esta postura separa la tendencia empírico-racionalista de la historicista, hasta el punto de ser opuestas. El problema de la demarcación se une con el de racionalidad científica, y el problema de evaluación de teorías, en cada tendencia, se separa paralelamente al

problema de demarcación.

Tanto el empirismo como el racionalismo poseen criterios de verdad que se verifican en la experimentación empírica, por la falsabilidad y por los cambios degenerativos y progresivos de la competencia entre programas científicos o teorías.

Kuhn asigna este criterio al punto de vista sobre la imagen del mundo, a la gestalt de quienes construyen la teoría; y Hübner a la validez lógica dentro de los marcos de referencia específicos.

Un elemento más que se ha revisado, es el concepto de progreso científico que interpreta cada tendencia, y éste va en la misma línea que la evaluación de teorías que presenta cada caso.

La importancia de este trabajo al presentar dos tendencias opuestas, se dirige hacia la consideración de la ciencia como tal, en todo su desarrollo y destacar la relevancia de la historia interna en la reconstrucción racional de la ciencia.

La ciencia no se ha construido, como en alguna oportunidad se pensó, en forma lineal, pensando que las teorías iniciales sostienen a las más recientes. En esa construcción de la estructura de la ciencia, más bien parece que la ciencia ha derribado las teorías anteriores y sobre ellas ha construido nuevas, no en otro plano, y que aunque se haya demostrado la falsedad de teorías anticuadas (como el caso de la teoría aristotélica), esto no indica que éstas dejan de ser parte del desarrollo científico. Por ejemplo: la física aristotélica es falsa y caduca, y a pesar de ello es una física cuya sistematización era perfectamente coherente, y no un simple mito.

D. RECOMENDACIONES

La consideración de incluir estos datos, independientemente a esta tesis, en programas de formación de profesores especializados en

ciencias naturales. La importancia radica en integrar los programas psico-pedagógicos con programas históricos y filosóficos de la ciencia, que además de acrecentar el conocimiento de los profesores, les ayudará a conducir de mejor manera sus áreas de estudio para completar en los estudiantes la racionalidad teórica y técnica en su formación.

BIBLIOGRAFIA

- Alcalá Campos, Raúl. "La Discusión Lakatos-Kuhn". ENEP, Acatlán, México: pp. 78-101. s.f.
- Alvarenga, B., A. Máximo. Física General. Traducida por José Carlos Escobar Hernández. México: HARLA. 1987. 976 p.
- Ardón, Víctor. La ciencia y el método científico al servicio de la investigación. Investigación y Educación Fascículo No. 1, IIME. Guatemala: Editorial Universitaria. 1986. 32 p.
- Brody, Tomás. "Los Determinismos de la Física". s.l. s.f. pp. 23-29.
- Chalmers, Allan F. ¿Qué es esta cosa llamada ciencia? 8a. edición en español. México: Siglo veintiuno editores, s.a. de c.v. 1989. pp. 89-157.
- Coffa, J. Alberto. "Idea de la Relatividad". Revista Latinoamericana de Filosofía, vol (V). No. 3: 195-207. Noviembre 1979.
- Copleston, Frederick. Historia de la Filosofía. 5ta. edición. Vol. V. Trad. Ana Doménech. México: 1983. 410 p.
- Copi, Irving M. Introducción a la Lógica. 17a. edición. Trad. Nestor Alberto Miguez. Argentina: EUDEBA S.E.M. 1974. 614 p.
- Couderc, Paul. La Relatividad. 5ta. edición. Traducida de la undécima edición por Néstor A. Míguez. Buenos Aires: EUDEBA. 1972. 70 p.
- Dieguez, Antonio J. "Reflexión y crítica". Acerca de los dos sentidos de la falsabilidad. EDUCAÇÃO Y FILOSOFIA. Revista semestral de investigação e difusão filosófica e educacional. Universidade Federal de Uberlandia, (Brasil): 177-187. 1983.

- Einstein, A. Grünbaum A. Eddington A.S. et. al. La teoría de la Relatividad. Sus orígenes e impacto sobre el pensamiento moderno. Selección de L. Pearce Williams, Trad. Miguel Paredes. Madrid: Alianza Editorial, S.A. 1973. 174 p.
- P. Feyerabend, G. Radnitzky, W. Stegmüller y otros. Estructura y desarrollo de la ciencia. Madrid: Alianza Editorial, S.A. 1984. 300 p.
- Fischl, Johann. Manual de Historia de la Filosofía. 6ta. ed. Barcelona: EDITORIAL HERDER. 1984. 579 p.
- Frank, Phillip. Filosofía de la Ciencia. El eslabón entre la ciencia y la filosofía. Trad. Francisco González. México: HERRERO HERMANOS, SUCESORES, S.A. 1965. 335 p.
- . "Las razones para aceptar las teorías científicas". Cuadernos del seminario de problemas científicos (UNAM) no. 1: pp. C1-C14. 1957.
- Harré, R. Introducción a la lógica de las ciencias. Trad. Juan Carlos García Borrón. Barcelona: editorial labor, s.a. 1967. 172 p.
- Hübner, Kurt. Crítica de la razón científica. Trad. Ernesto Garzón Valdés. Barcelona: Editorial Alfa, S.A. 1981. 288 p.
- Koyré, Alexandre. "Del mundo cerrado al universo infinito". Siglo XXI, México. 1982. pp. 191-203.
- . Estudios de la historia del pensamiento Científico. México: siglo veintiuno editores, s.a.. 1982, 387 p.
- Kuhn, Thomas S. La estructura de las revoluciones científicas. México: FONDO DE CULTURA ECONOMICA. 1982. 319 p.
- . ¿Qué son las revoluciones científicas? y otros

ensayos. Introducción de Antonio Beltrán. México: Paidós/
I.C.E. - U.A.B. pp. 55-93.

_____. La tensión esencial. México: FONDO DE
CULTURA ECONOMICA.

Lakatos, Imre. La metodología de los programas de investigación científica. Trad. Juan Carlos Zapatero. Madrid: Alianza Editorial. 1989. 315 p.

Lakatos I. & A. Musgrave. Crítica y conocimiento. Trad. Francisco Hernán. Barcelona: EDICIONES GRIJALBO, S.A. 1975.
511 p.

Olivé, León y Ana Rosa Pérez Ranzanz. "Los cambios conceptuales de la Física". s. l., s.f., pp. 30-33.

Ortiz Amiel, Rodolfo. Reflexiones sobre Filosofía de la ciencia. Guatemala: Facultad de Humanidades, USAC. 1972. 17 p.

_____. Sobre la validez general de la ciencia. Guatemala: III coloquio centroamericano de profesores universitarios de Filosofía, Publicación No. 3, Facultad de Humanidades, USAC. 1977.

Padilla, Leonel E. "Innovación teórica, fuente observacional y realismo". De Cuadernos de Filosofía. Anuario del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la Facultad de Humanidades, USAC. 1991.

_____. "Epistemología y Unidad del Saber". De Cuadernos de Filosofía. Publicación de Instituto de Investigaciones Filosóficas, Facultad de Humanidades, USAC. 1988.

_____. "COMUNIDAD EPISTEMICA Y SABER". Instituto de Investigaciones Filosóficas. Colegio de

- Humanidades. Encuentro conmemorativo a la Primera cátedra de Filosofía. Colegio de Santo Tomás, Antigua, Octubre 20, 1994. 10 p.
- Pereda, Carlos. "Utopías lógico-metodológicas". Ponencia presentada en el II Coloquio Nacional de Filosofía. Monterrey. 1977. pp. 180-186.
- Poincaré, Henri. "Invención Matemática". Antología de Matemáticas. México: UNAM. 1983. 251 p.
- Popper, Karl. La lógica de la investigación científica. Madrid: EDITORIAL TECNOS, S.A. 1962.
- Russell, Bertrand. Los Problemas de la Filosofía. s.l. Editora Nacional. s.f. 191 p.
- Stegmüller, Wolfgang. "Estructura y dinámica de las teorías". Algunas reflexiones sobre J.D. Sneed y T.S. Kuhn. Trad. Armando Morones. Universidad de Munich. s.f. pp. 60 - 83.
- Tippens, Paul E.. FISICA Conceptos y aplicaciones. 2da. edición en español, traducido por Eduardo Ramírez y Andrés Soler. México: McGraw-Hill/Interamericana de México, S.A. de C.V.. 1989. 934 p.
- Trejo R., Wonfilio. "La filosofía y las revoluciones científicas". México: UNAM, Facultad de Filosofía y Letras. s.f. pp. 309-323.