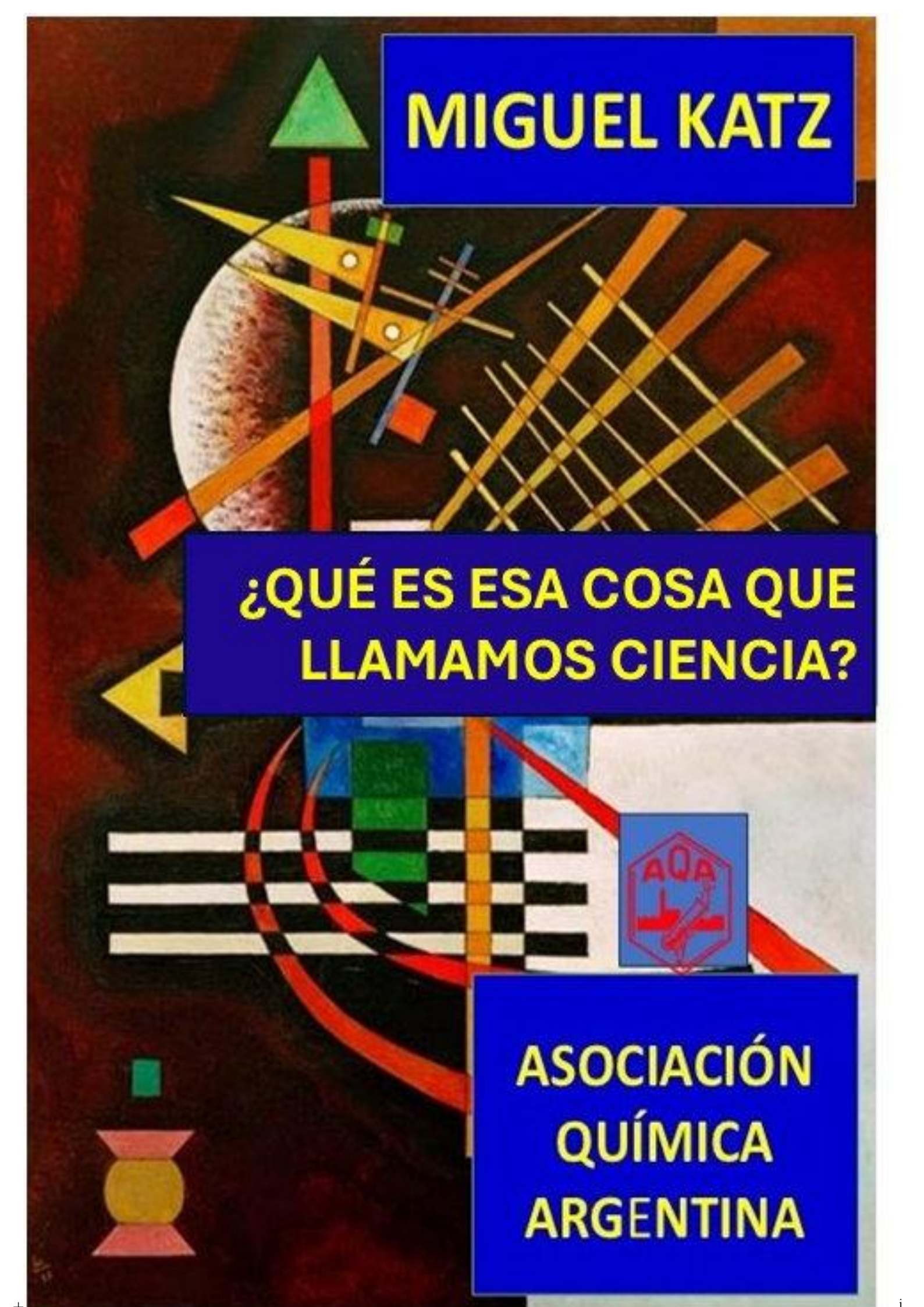




MIGUEL KATZ

**¿QUÉ ES ESA COSA QUE
LLAMAMOS CIENCIA?**



**ASOCIACIÓN
QUÍMICA
ARGENTINA**

¿QUE ES ESA COSA QUE LLAMAMOS CIENCIA?

MIGUEL KATZ

¿QUÉ ES ESA COSA QUE LLAMAMOS CIENCIA?



ASOCIACIÓN QUÍMICA ARGENTINA

Ciudad Autónoma de Buenos Aires

2026



Katz, Miguel

¿Qué es esa cosa que llamamos Ciencia?

1a ed. - Buenos Aires: Asociación Química Argentina, 2025.

Avda. Santa Fe 1145 4º Piso C1059ABF. Tel. 0114814 5942.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.

Tel-Fax (14 11) 4822 4886

Libro digital, PDF

Archivo Digital. Descarga y online.

Libro de edición electrónica.

Hecho en la República Argentina

Hecho el depósito de la Ley 11.723.

Derechos reservados.

*A la Dra. Lydia Raquel Galagovsky,
por su invalorable apoyo y orientación académica.*

Agradecimientos:
A la Asociación Química Argentina en las personas de
su presidente, Dr. Carlos Cañellas, su vicepresidente,
Dr. Alberto Capparelli y la Directora de la
División Educación, Dra. Sandra Hernández.

PRÓLOGO I

La palabra “epistemología” no es de uso corriente y a menudo se la confunde con “epidemiología” cuando se usa el buscador de Google. En el año 1985 se creó el Ciclo Básico Común en la UBA y al curso de Epistemología lo llamaron “Introducción al conocimiento científico” que luego fue sustituido por “Introducción al pensamiento científico”, quizás bajo la convicción de que el territorio en cuestión es un campo de luchas: algunos podrían preferir el término “Filosofía de la ciencia”, o alternativas que darían lugar a interminables polémicas. En el terreno musical, Les Luthiers, unieron la palabra “epistemología” a “cumbia”, creando la canción “Dilema de amor. Cumbia epistemológica”, donde simpáticamente confunden el significado de esta última palabra con otras de connotaciones sexuales.

De manera prudente, considerando las dificultades para fijar los límites en filosofía, en el Prefacio, el Dr. Miguel Katz reconoce que evitó el título “Nociones de epistemología” para no asustar a posibles lectores y optó por el más explícito “¿Qué es esa cosa que llamamos ciencia?”.

A la formación del Dr. Katz tanto en Epistemología como en Historia de la Ciencia, se suman sus conocimientos y experiencias como profesor en el dictado de cursos de Química Física, en nuestros medios académicos. Esta feliz conjunción de conocimientos filosóficos, científicos y pedagógicos le han permitido generar la propuesta del presente libro, logrando la difícil tarea de hacer accesibles la Epistemología y la Historia de la Ciencia a los estudiantes de ciencias y al público interesado en el conocimiento científico, con la ilustración de casos, tomados de la Física y de la Química.

Frente a esta obra interesante e inteligentemente escrita, vale recordar a Kant, cuando afirmó en *La Crítica de la Razón Pura* afirma que “los pensamientos sin contenido son vacíos, las intuiciones sin conceptos son ciegas” (Immanuel Kant, *Crítica de la Razón Pura*, Madrid, Gredos, 2014, p.86); y, por otra parte, a Imre Lakatos quien afirmó que “*La Filosofía de la Ciencia sin Historia de la Ciencia es vacía y la Historia de la Ciencia sin Filosofía de la ciencia es ciega*” (Imre Lakatos, *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*, Madrid, Tecnos, 1971, p.11). En estas dos sentencias, ambos epistemólogos parecen afirmar que lo que podemos decir de nuestra experiencia sensible es producto de un ordenamiento del pensamiento. Captamos el mundo que nos rodea a partir de los sentidos, pero ellos no piensan, mientras que el pensamiento no puede intuir nada, pero de la unión de ambos es que surge el conocimiento. Así vemos que el autor de este libro ha tomado muy seria y profundamente estas dos sentencias para recordarnos que las ciencias fácticas no pueden prescindir de una reflexión filosófica acerca de los complejos procesos de producción de conocimiento, en sus distintas disciplinas.

En forma hábil y pedagógica, el Dr. Katz divide al libro en XIII capítulos donde recorre los tópicos centrales de la Epistemología del Siglo XX, dominada en sus inicios por el Positivismo, especialmente por los Positivistas Lógicos del Círculo de Viena, quienes habían desplazado los viejos problemas de la Gnoseología por el análisis del lenguaje, especialmente del lenguaje científico. El Proyecto de la Ciencia Unificada, utilizó los elementos tanto de la tradición empirista como racionalista y, en este sentido, mediante el análisis lógico del lenguaje, el neopositivismo ha cumplido con esta tarea con indiscutible éxito (Jurgen Habermas *Conocimiento e interés*, Taurus, Madrid, 1982). De allí el acierto del Dr. Katz en exponer tanto los ejes temáticos de la Lógica y de los debates acerca de cómo conceptualizar el lenguaje científico, en sus dimensiones sintácticas, semánticas y pragmáticas, como en presentar, en los capítulos finales, la Historia del empirismo desde sus figuras fundadoras, como Francis Bacon, el Barón de Verulam, John Locke y David Hume, antes de exhibir la biografía de los principales epistemólogos contemporáneos. En la selección de autores, comienza por los miembros del Círculo de Viena, para luego señalar a los críticos y disidentes de esta tradición fundadora: Karl Popper, Imre Lakatos, Paul Feyerabend y Thomas Kuhn.

El relato del Dr. Katz permite reconstruir a partir de las peripecias personales de las biografías de estos epistemólogos de qué manera los acontecimientos políticos y las transformaciones sociales, detonaron las tensiones y, en muchos casos, las rupturas con las respectivas ideas recibidas en la formación universitaria, para dar lugar a cambios epistemológicos que propiciaron —a su vez— cambios en el mundo científico, al admitir nuevos parámetros de racionalidad.

Destacamos el mérito del Dr. Katz al presentar en la biografía de Feyerabend los avatares intelectuales de este epistemólogo ecléctico que “escandalizó” con ideas como el “anti-método” y el “adiós a la razón”, hasta presentar en su última etapa el anarquismo epistemológico. Destaco brevemente aquí, como ejemplo, algunos datos: Feyerabend tuvo sus comienzos universitarios, en los años '40, cargados de tensiones políticas y culturales en la Viena de preguerra, cuando adhirió a los postulados positivistas “de manera radical”; una vez que terminó la 2da. Guerra Mundial —donde había integrado las filas del ejército alemán—, tomó contacto con Karl Popper y asumió como propias las críticas al Programa del Círculo de Viena, para adherir al realismo y a la versión popperiana del progreso científico. Más adelante, en 1950, Feyerabend se instaló en Londres, para asistir a la Universidad de Cambridge y allí desarrollar sus ideas junto a su compatriota Ludwig Wittgenstein, tras cuya muerte en 1951, consolidó su vínculo con su otro compatriota en el exilio, Karl Popper, el disidente oficial de los positivistas lógicos y de Wittgenstein. Popper lo toma como asistente en la *London Economic School*. En 1960, en la Universidad de California, conoce a Thomas Kuhn y participa activamente de las revueltas estudiantiles. Pero su cambio decisivo hacia el anarquismo epistemológico llegó en 1965, en un seminario en Hamburgo, donde discutió sobre los fundamentos de la teoría cuántica con Carl F. von Weizsäcker. Ya en la década del '70, tomó contacto con Imre Lakatos en la *London Economic School*, con quien

consolidó un fuerte vínculo intelectual y epistolar, dedicándole su obra *Against Method* (London, New Left Books, 1975). En las siguientes dos décadas contestó en múltiples publicaciones a sus críticos y escribió su Autobiografía bajo el título *Killing Time: The Autobiography of Paul Feyerabend*, publicada por la University of Chicago Press en 1995, un año después de su muerte. El mérito del Dr. Katz es la ilación de su relato, desde el cual el lector percibe que la obra de un pensador no puede reducirse a las alternativas personales de su vida y de su momento histórico, sino que epistemólogos y científicos no elaboran sus teorías y sus modelos de racionalidad en abstracto; por el contrario, sus producciones son el resultado de toma de decisiones “humanas, demasiado humanas” –diríamos siguiendo a Nietzsche.

Con gran habilidad el Dr. Katz no reduce las teorías epistemológicas a la psicología ni a la sociología, pero sí admite que los marcos de comprensión de estas ideas necesitan de una reconstrucción más amplia que la anécdota biográfica, para tomar en cuenta las tradiciones instaladas en un “mundo” ya constituido y advertir los procesos de ruptura o discontinuidades epistemológicas.

Otro gran mérito de este libro es el de presentar los temas de la Epistemología contemporánea – de fuerte influencia en los presupuestos metodológicos presentes en la formación de los científicos de nuestros centros académicos–, a través de mostrar a las personas que las han “encarnado” y que por hacerlo han gozado del reconocimiento académico, pero también han tenido que sobrellevar ataques de posiciones rivales, e, incluso, en algunos casos han sufrido, también, la persecución política y el exilio.

El libro del Dr. Katz merecería el título “Nociones de Epistemología” aunque, en verdad, es también un Tratado de Lógica, de Metodología y de Historia de la Ciencia.

El Dr. Miguel Katz presenta las teorías epistemológicas contemporáneas en su dimensión histórica, y conduce al lector a comprender que ellas no son el resultado de unas mentes más brillantes que otras, sino el producto del tenaz esfuerzo de los científicos por justificar sus afirmaciones y afrontar sus consecuencias.

Es para mí es un placer el contribuir con el Prólogo a la edición de este libro, que es verdadera- mente un aporte valioso para la enseñanza de las ciencias, a partir de su amplitud de miradas y del tan esmerado procesamiento didáctico realizado por el Dr. Miguel Katz.

También es oportuno destacar la gran generosidad de publicar este libro a través de la Asociación Química Argentina, entidad que lo pone a disposición gratuita de lectores formados y en formación.

Cristina Ambrosini
Dra. en Filosofía (UBA).

Investigadora en el CBC de la UBA en temas de Epistemología. Actual Proyecto UBACyT: “Modelos y Metáforas en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Biológicas: obstáculos, desafíos, y desarrollo de propuestas didácticas”. dirigido por el Dr. en Biología Manuel Alonso.

PRÓLOGO II

Siguiendo con la línea de libros de base epistemológica tales como *¿Qué Es Esa Cosa Llamada Entropía?* y *¿Qué es Esa Cosa que Llamamos Tiempo?* – publicados en línea por la Editorial de la AQA, – el Dr. Miguel Katz presenta este nuevo libro, titulado *¿Qué es Esa Cosa que Llamamos Ciencia?*

Muchos autores han reflexionado sobre temas tan complejos – y no resueltos aún, – como el de llegar a definir “qué es ciencia” y qué no lo es; cuáles son, – o no, – los procesos cognitivos o experimentales propios del quehacer científico; o si existen, – o no, – algunas metodologías específicas que condujeran a obtener resultados e interpretaciones científicamente “verdaderas” (Lorenzano (1994); Kuhn (1996); Chalmers (2000); Klimovsky (2005); Bunge (2017), etc.). Cada autor ha hecho su selección de sesgos y propuestas de clasificaciones propias, para su respectivo abordaje literario. El Dr. Miguel Katz, con claros objetivos didácticos, ha tomado aspectos relevantes de diversos autores.

El libro muy conocido de Alan Chalmers (2000), de título muy parecido al del Dr. Katz, discute con ejemplos provenientes de la Física, temas como rol y diferentes tipos de observación, cualidades y limitaciones de la metodología inductiva, alcances y críticas a la propuesta metodológica del falsacionismo, etc., y una recorrida por las principales reflexiones filosóficas del siglo XX sobre qué es ciencia, a través de las propuestas de sus exponentes.

El presente libro del Dr. Katz presenta una visión diferente y complementaria al libro de Chalmers. Por un lado, sus ejemplos provienen no sólo de la Física, sino también de la Química, de la Matemática y de la Economía o Medicina, en estos dos últimos casos como contraejemplos. Por otro lado, el texto hace hincapié en elementos componentes de razonamientos y discursos científicos, tales como los enunciados, o la lógica detrás de los pensamientos, o los tipos de explicaciones, etc. Finalmente, presenta un profundo análisis de los principales movimientos epistemológicos del siglo XX, desde los personajes fundadores e involucrados en el Círculo de Viena, hasta otros autores-investigadores que expusieron sus ideas controversiales sobre qué es ciencia (como Feyerabend (2007); Popper (2008); Lakatos (2011); etc.). Cada personaje emblemático ha sido contextualizado en las particulares situaciones histórico-político-académicas por las que atravesó; de esta forma, las controversias y los debates epistemológicos surgentes se muestran en la obra como reveladores del intento humano de responder a preguntas tales como: ¿Cuál es la diferencia entre ciencia y brujería? ¿La ciencia es la única que provee una manera racional de organizar cognitivamente nuestra experiencia? ¿Hay procesos de pensamiento o metodologías que favorezcan la búsqueda de la verdad?”

Finalmente, como lectores deberíamos discriminar las diferentes significaciones entre sendos títulos: “¿Qué es Esa Cosa llamada Ciencia?” (Chalmers, 2000) y “¿Qué es Esa Cosa que Llamamos Ciencia? (Katz, 2026). El primer caso nos ubica en un estadio social de valoración de la ciencia y su devenir, donde el interés es marcar los esfuerzos realizados por investigadores para ubicar a la ciencia como una actividad particularmente superior a otras, y a los científicos, con sus procedimientos y formas de validación y comunicación – como representantes ilustres de búsquedas para descubrir o interpretar la “verdad de cómo funciona la Naturaleza”. Por el contrario, en el título ¿Qué es Esa Cosa que Llamamos Ciencia? (Katz, 2026), la expresión “lo que llamamos ciencia” ubica a esta actividad y a los científicos en un lugar más humano, más humilde, más limitado... Esta visión es particularmente útil cuando nuestras sociedades se encuentran invadidas por ideologías, – instaladas como arquetipos, – que desprecian y desvalorizan aquella visión previa de “ciencia objetiva, impoluta, verdadera y admirada”. Cuando la palabra de “influencers”, o de videos trucados, pueden convencer a multitudes, – como los movimientos terraplanistas, reptilianos, o antivacunas, – y cuando también se utiliza la expresión “científicamente comprobado” como estrategia de venta de productos, es imprescindible mostrar, – como en la presente obra, – las profundas reflexiones e investigaciones epistemológicas realizadas, que dan cuenta de los aún infructuosos resultados para lograr un contexto extraordinario y definitivo sobre la muy especial e imprescindible actividad de hacer “ciencia”.

Dra. Lydia Galagovsky

Bibliografía:

- **Bunge, M. (2017).** *Doing Science: In the Light of Philosophy*. Singapore: World Scientific Publishing Company.
- **Chalmers, A. (2000).** *¿Qué es Esa Cosa llamada Ciencia?* 4ta ed., España Editores.
- **Feyerabend, P. K. (2007).** *Tratado contra el Método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Ed. Tecnos, Madrid.
- **Klimovsky, G. (2005):** *Las desventuras del conocimiento científico* **6ª. Ed. AZ editora. Buenos Aires.**
- **Kuhn, T. S. (1996):** *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.
- **Lakatos, I. (2011).** *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*, 4ª. Ed. Tecnos, Madrid.
- **Lorenzano, C. J. (1994):** *2. La estructura del conocimiento científico*. 2ª. Ed. Editorial Biblos. Buenos Aires.
- **Popper, K.R. (2008).** *La lógica de la investigación científica*. Ed. Tecnos. Madrid.

PREFACIO

Este libro se iba a llamar “Nociones de Epistemología” pero, para no asustar algunos lectores con la palabra del título, propusimos un título más entendible que, además, despertase un poco la curiosidad. Por ello, habíamos decidido llamarlo “¿Que es esa cosa que llamamos Ciencia?”.

Epistemología, es una rama de la filosofía que se ocupa de las características esenciales de las Ciencias, cómo se valida un conocimiento científico y que métodos (si los hay) pueden hacer más eficiente la tarea de la investigación científica.

Si bien fui la primera persona que, en nuestro país, se doctoró en Epistemología e Historia de la Ciencia, dicté muchos cursos de Epistemología para físicos y para químicos y escribí unos cuantos libros sobre temas de historia de la Ciencia, siempre me abstuve de escribir sobre algún tema específico de Epistemología. El motivo es que buena parte de los epistemólogos han adoptado lo que se suele llamar el “giro lingüístico” de la Epistemología en la que se analiza cada vocablo que se usa en esa disciplina y se cuestiona si, por ejemplo, uno usa el término *falsación*, acuñado por Karl Popper, en vez de *refutación*, para referirse a la contradicción entre un resultado experimental y un enunciado teórico que pontifica sobre ese tema. Pero, en el final de mi carrera docente pensé que sería interesante para personas que tienen cierto nivel cultural y que no son de la especialidad, enterarse de qué es una ciencia o cuando un conocimiento puede ser considerado científico y cuándo no. Vivimos en una sociedad en la que muchos profesionales tienen que aparentar experiencia o conocimientos que no tienen. Inclusive hay colegios de profesionales que autorizan a sus miembros a usar el título de doctor, aunque ni siquiera hayan cursado alguna asignatura del doctorado. Hay profesionales universitarios que están convencidos que su especialidad es una ciencia y no lo es, y eso los puede llevar a errores de apreciación con consecuencias no deseables.

La Ciencia se ocupa de algo más que de hacer nuevos descubrimientos. Se ocupa de dar una interpretación teórica de las generalizaciones que se observan experimentalmente. Obviamente, para dar una interpretación teórica, hace falta una teoría. En toda teoría se parte de un conjunto de enunciados (llamados principios, postulados, axiomas, etc.) que se aceptan como verdaderos “a priori”. Cualquiera sea la ciencia, los enunciados tienen las siguientes características:

- Son aceptados por la gran mayoría de las personas que se dedican a esa disciplina.

- Si un hecho de la realidad contradice alguno de los enunciados fundamentales de la teoría, ese enunciado se modifica o se anula. Si ocurre esa contradicción y el enunciado “refutado”, se mantiene, la disciplina no es una ciencia, sino un dogma¹.

A título de ejemplo, podemos mencionar que la Astronomía (copernicana) es una ciencia. Tiene sus enunciados fundamentales que, hasta ahora, se han cumplido siempre y todos los objetos astronómicos conocidos los han cumplido siempre. Por ejemplo, todos los planetas conocidos del Universo cumplen con las leyes de Kepler, con el principio de atracción universal de Newton, etc. Todas las estrellas conocidas, también las cumplen, lo mismo se da para todos los cometas conocidos, etc. Por eso, si uno les pregunta a diez astrónomos copernicanos ¿Cuándo ocurrirá el próximo eclipse total de Luna? Los diez harán sus cálculos basándose en la teoría astronómica y obtendrán el mismo resultado, sin importar dónde estudiaron, quienes fueron sus docentes o qué bibliografía usaron. En cambio, si uno les pregunta a diez economistas con amplia experiencia ¿Cuánto variará el Producto Bruto Interno del país a fines del año próximo?, puede obtener hasta diez respuestas diferentes, aunque todos hayan estudiado en la misma Universidad, con los mismos docentes y usado la misma bibliografía. Esa es una muestra de que la Economía no es una ciencia ya que si los diez economistas aplican los mismos principios (por ejemplo, los liberales de Adam Smith o los marxistas de Karl Marx) en vez de obtener los mismos resultados, obtienen resultados diferentes eso indica que no hay una correlación valedera entre la teoría y la realidad².

¹ Las Teologías, de cualquier religión, no son ciencias sino dogmas, en las que cualquier contradicción entre sus principios y la realidad se atribuye a la voluntad divina o a milagros.

² A pesar de no ser una ciencia, la Economía puede contribuir al bienestar material de la sociedad, tanto por el ordenamiento de las cuentas públicas como asesorando a los Gobiernos sobre su participación en el comercio internacional y a la comunidad en sus relaciones comerciales entre sus miembros.

CONTENIDOS

	Tema	Página
I.	Introducción.	1
1.1.-	¿Cuándo una disciplina se considera “Ciencia”?	1
1.2.-	La ciencia como la búsqueda de una interpretación teórica de las regularidades que se observan empíricamente.	4
1.3.-	El conocimiento científico y el que resulta de la experiencia.	11
1.4.-	Bibliografía.	15
II.	Las características de toda ciencia y la búsqueda de un método científico.	17
2.1.-	¿Existe un método científico?	17
2.2.-	El lenguaje científico.	18
2.3.-	Verificación y refutación.	21
2.4.-	Entidades empíricas y entidades teóricas.	21
2.5.-	Leyes empíricas y leyes teóricas.	23
2.6.-	La necesidad de un método para el desarrollo de la ciencia.	23
2.7.-	El método inductivo.	25
2.8.-	Método hipotético – deductivo.	26
2.9.-	La contrastación de hipótesis.	28
2.10.-	Aceptación y rechazo de hipótesis en una disciplina fáctica.	29
2.11.-	Contrastaciones negativas. El “modus tollens”.	31
2.12.-	La versión compleja del método hipotético-deductivo.	32
2.13.-	El uso de las hipótesis “ <i>ad hoc</i> ”.	35
2.14.-	Los problemas de la contrastación.	37
2.15.-	Los problemas de la refutación.	40
2.16.-	Distintos tipos de base empírica.	41
2.17.-	La base empírica epistemológica.	40
2.18.-	La base empírica metodológica.	40
2.19.-	La observación en sentido amplio.	40
2.20.-	Clases de términos presupuestos.	42
2.21.-	Modelos.	43
2.22.-	El lenguaje científico.	44
2.23.-	La expresión de las regularidades.	44
2.24.-	Algunos contraejemplos del método científico.	45
2.25.-	Resumen.	45
2.26.-	Bibliografía.	50
III.	Los enunciados científicos	53
3.1.-	Enunciados e información científica.	53
3.2.-	Enunciados de primer nivel.	54
3.3.-	Generalizaciones y leyes empíricas.	52
3.4.-	Generalizaciones universales.	55

3.5.-	Generalizaciones existenciales.	57
3.6.-	Generalizaciones mixtas.	57
3.7.-	Generalizaciones estadísticas o probabilísticas.	58
3.8.-	Enunciados de tercer nivel (enunciados teóricos).	58
3.9.-	¿Cómo acceder a los enunciados de segundo y tercer nivel?	59
3.10.-	Bibliografía.	60
IV.	Lógica.	61
4.1.-	Lógica Proposicional.	61
4.2.-	Los enunciados o proposiciones lógicas.	62
4.3.-	Los enunciados como resultado de los juicios.	63
4.4.-	Práctica sobre los enunciados.	64
4.5.-	Argumentos e inferencia.	65
4.5.1.-	Los argumentos.	65
4.5.2.-	La inferencia.	65
4.6.-	Identificación de argumentos.	66
4.7.-	Presunción de facticidad y presunción de inferencia.	66
4.7.1.-	Si no es un argumento, ¿qué es?	67
4.8.-	Lógica formal y lógica material.	67
4.9.-	Verdad, validez y solidez.	69
4.9.1.-	Verdad.	70
4.9.2.-	Validez.	70
4.9.2.a.-	Esquema, o forma lógica, de un argumento.	71
4.9.3.-	Solidez.	72
4.10.-	Inferencias deductivas e inductivas.	74
4.10.1.-	Inferencias deductivas.	74
4.10.2.-	Inferencias inductivas.	74
4.11.-	Actividad relacionada: Inferencia deductiva, validez y solidez.	75
4.12.-	Actividades relacionadas: Inferencia deductiva o inductiva.	76
4.13.-	Otras Lógicas.	79
4.14.-	Bibliografía.	83
V	La explicación científica.	85
5.1.-	Introducción.	85
5.2.-	La visión inferencial de la explicación científica.	85
5.3.-	La diferencia entre explicación y descripción.	86
5.4.-	Tres maneras de abordar el concepto de explicación.	87
5.5.-	La teoría inferencial de la explicación.	87
5.6.-	Leyes de la Naturaleza.	88
5.7.-	Contraejemplos a la teoría inferencial de la explicación científica.	90
5.8.-	El modelo estadístico de la explicación.	91
5.9.-	La explicación parcial.	93
5.10.-	La teoría causal de la explicación.	93

5.11.-	La explicación causal y su dependencia según Van Fraassen.	96
5.12.-	La explicación teleológica.	97
5.13.-	Bibliografía.	98
VI.-	El reduccionismo	99
6.1.-	Introducción:	99
6.2.-	¿Qué es reducción para los científicos?	99
6.3.-	¿Qué entienden los epistemólogos por reduccionismo?	103
6.4.-	El problema de las propiedades emergentes.	108
6.5.-	¿Es posible una reducción ontológica de la Termodinámica a la Mecánica Clásica?	110
6.6.-	Bibliografía:	118
VII	Funciones teóricas vs. no teóricas	120
7.1	Filosofía de la ciencia y análisis lógico.	120
7.2.-	¿De qué hablan las teorías?	124
7.3.-	Bibliografía.	125
VIII.-	Los orígenes del empirismo científico.	126
8.1.-	El empirismo científico.	126
8.2.-	Francis Bacon, Barón de Verulam.	126
8.3.-	John Locke.	129
8.4.-	David Hume.	132
8.5.-	Bibliografía.	146
IX.-	El Círculo de Viena	147
9.1.-	Introducción.	147
9.2.-	Antecedentes históricos.	148
9.3.-	La concepción científica del mundo.	151
9.4.-	Ámbitos de problemas.	154
9.4.1.-	Fundamentos de la aritmética.	154
9.4.2.-	Fundamentos de la Física.	155
9.4.3.-	Fundamentos de la Geometría.	156
9.4.4.-	Problemas de los fundamentos de Biología y Psicología.	157
9.4.5.-	Fundamentos de las ciencias sociales.	158
9.5.-	Disolución del Círculo de Viena.	159
9.6.-	A modo de resumen.	160
9.7.-	Bibliografía.	161
X.-	Karl Raimund Popper.	151
10.1.-	Biografía.	151
10.2.-	Bibliografía.	172
XI.-	Imre Lakatos.	173
11.1.-	Biografía.	173
11.2.-	Pruebas y refutaciones.	175
11.3.-	Los programas de investigación científica.	175

11.4.-	Bibliografía.	178
XII.-	Paul Feyerabend.	179
12.1.-	Biografía.	179
12.2.-	Bibliografía.	190
XIII.-	Thomas Samuel Kuhn.	191
13.1.-	Introducción.	191
13.2.-	Vida y carrera.	191
13.3.-	La epistemología de Kuhn.	194
13.4.-	Preciencia.	195
13.5.-	Ciencia normal y paradigmas.	196
13.6.-	La metodología en la obra de Kuhn.	198
13.7.-	Crisis y revolución científica.	199
13.8.-	La inconmensurabilidad de los paradigmas.	201
13.9.-	Bibliografía.	202

INTRODUCCIÓN.

1.1.- ¿Cuándo una disciplina se considera “Ciencia”?

Supongo que alguna vez el lector se habrá preguntado “¿Qué es una ciencia?”. Si recurrió a la sabiduría popular, habrá recopilado múltiples definiciones. Así una tía mía, experta cocinera, solía decir que hacer una torta de bodas sin que la crema se derrame y se aplique en forma pareja, es una ciencia, u “hornear tal torta sin que se pegue a la asadera, es una ciencia. Un adicto a la bebida solía decir que beber un vaso con vino, colmado hasta el borde, sin que se derrame, es una ciencia. Así la sabiduría popular puede dar miles de ejemplos de lo que puede ser una ciencia. Pero el lector que busca una definición conceptual, no se conformaría ni siquiera con una infinidad de ejemplos. Entonces, es común que la persona interesada en saber lo que significa una ciencia recurra a un diccionario o a una enciclopedia. En los países hispanoparlantes se suele utilizar el castellano, que es el lenguaje oficial de España¹ y la institución española que legisla sobre los términos de ese idioma y sus definiciones es la Real Academia Española, la que, periódicamente, actualiza su Diccionario con las últimas definiciones de los términos del idioma.

En la última edición del Diccionario de la Real Academia Española (DRAE) el vocablo “Ciencia” está definido por:

Conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente.

Mucha gente se sentirá satisfecha con esta definición y la incorporará a su memoria de largo plazo o registrará en qué edición del DRAE se encuentra, para buscarla cuando la necesite. Otras personas, la analizarán para detectar su coherencia y si se aplica a lo que cada uno de ellos considera intuitivamente lo que es una ciencia o si la definición excluye lo que ellos no consideran una ciencia. Otros cuestionarán el hecho de que muchos conocimientos son imposibles de obtener “mediante la observación” y sugerirán que en la definición figure “y/o el razonamiento”. Otros cuestionarán que de ningún número finito de observaciones se puede deducir un principio o una ley general que sea válida también para absolutamente todos los casos aún no observados.

¹ Los otros tres idiomas que se emplean son el gallego, el catalán y el vasco.

Alguna vez, al inicio de un curso de Epistemología les di a mis estudiantes una “tarea para el hogar” consistente en corroborar que, aplicando la definición de la DRAE, la tarea laboral de un conductor de taxímetro es una actividad científica. Fue muy divertido leer las conclusiones a las que arribaron varios estudiantes. Encontraron que, mediante el cumplimiento de su trabajo, no sólo se cumplen las leyes y reglamentos del tránsito vehicular sino que a medida que el conductor adquiere experiencia laboral va encontrando nuevas regularidades, como, por ejemplo, cuáles son las calles por dónde los automóviles no puede transitar durante determinados horarios, cuáles son las trayectorias que hacen más cortos los caminos entre dos puntos de la ciudad, en qué calles y en qué horarios el tránsito vehicular se ralentiza por la cantidad de vehículos que circulan, etc. Todas estas generalizaciones pueden ser aplicadas a la totalidad de los casos aún no comprobados experimentalmente. Al cabo de muchos años en la actividad, el conductor de taxímetro adquiere una multitud de reglas y generalizaciones muy superior a las que poseía cuando gestionó el registro de conductor para iniciar su actividad, una licencia que se requiere al igual que la que requiere un médico, un arquitecto o un abogado para poder ejercer su actividad.

Si, en nuestra manera de pensar, no consideramos que un conductor de taxímetro sea un científico, llegamos a la conclusión que la definición de ciencia que da el DRAE no es satisfactoria, y una de las respuestas posibles al porqué no nos satisface, podría ser, que la definición que da ese diccionario, está redactada por lingüistas y no por epistemólogos y que, en su afán por generalizar, no excluye aquellas características que la mayoría de la población que utiliza el idioma castellano no considera como ciencias.

Ciencia es el término central de una rama de la Filosofía llamada Epistemología. Esta disciplina se ocupa de distinguir qué actividades se consideran científicas y cuáles no, como se valida el conocimiento científico y qué métodos se emplean (si existe alguno²) para hacer investigación científica.

Hoy en día, los epistemólogos consideran que más importante que encontrar regularidades en el comportamiento de la naturaleza o en las creaciones de la actividad humana, es dar una interpretación teórica que explique las regularidades que se observan experimentalmente. Se han encontrado documentos que muestran que desde hace más de cuatro mil años hubo personas que encontraron regularidades en el comportamiento de los cuerpos celestes y han intentado aprovecharlas para el mejoramiento de su calidad de vida o para predecir el comportamiento futuro de la naturaleza. En lo que era Babilonia, se han encontrado tablillas que datan del siglo XVII a.C., que muestran que se conocía, con bastante precisión, la retrogradación de Marte. Visto desde la Tierra, el planeta parece moverse de Oeste a Este durante 780

² Paul Feyerabend, un epistemólogo famoso, sostuvo que el mejor método que se utiliza en Epistemología es: “Todo vale”.

Introducción

días, movimiento en el que la velocidad va disminuyendo hasta detenerse y luego parece retroceder durante 73 días hasta alcanzar una posición estacionaria desde la cual retoma su movimiento en la dirección usual. Si bien estos datos son cuantitativamente correctos, la interpretación teórica de los mismos sólo se dio a través de la teoría astronómica de Claudio Ptolomeo.

Un conocimiento astronómico en el que se mezcla Astronomía y brujería fue contado por Plutarco. Según este historiador (*Obsolescencia de los oráculos*, 13) escrito a finales del siglo I d.C., Aglaónice de Tesalia³ estaba bien informada tanto en cuanto a la causa de los eclipses totales de Luna como de los tiempos de su ocurrencia: "Siempre en el momento en que se producía un eclipse de Luna, ella fingía hechizarla y hacerla caer". En otro pasaje (*Instrucciones para parejas casadas*, 48) Plutarco señaló: "Aglaónice, la hija de Hegetor estaba bien versada en los períodos en los que la Luna llena estaría sujeta a los eclipses y, sabiendo de antemano cuando la Luna iba a ser oscurecida por la sombra de la Tierra, informaba a las audiencias de mujeres, haciéndolas creer que ella iba a atraer la Luna hacia sí, haciéndola desaparecer de la vista.

Pitágoras fue, quizás, el primer filósofo que dio una interpretación del movimiento de los planetas, pero no consideró que ellos orbitaran a la Tierra, sino que supuso que la Tierra era una esfera girando en torno a un núcleo ardiente (Hestia)⁴. Su discípulo, Filolao de Crotona,⁵ sostenía que la Tierra no era lo suficientemente noble para ocupar el lugar central. Filolao postularía también que, además de la Tierra girando alrededor de la Hestia, existía una anti-Tierra girando también alrededor de ese núcleo ardiente. A partir de semejante hipótesis, uno podría preguntarse ¿Qué resultados podría haber obtenido Pitágoras? Sin embargo, Filolao publicó los períodos de revolución del Sol, la Luna, Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, encontrados por Pitágoras y las diferencias con los valores aceptados en la actualidad son de alrededor del 1%.⁶

³ En la Antigüedad, Tesalia, — actualmente Salónica, — era considerada “tierra de brujas” y las brujas de Tesalia aparecían en varias obras de teatro de la Antigua Grecia y del antiguo teatro romano. La más antigua referencia a esta supuesta hazaña se encuentra en las líneas 749 a 755 de la comedia “Las Nubes”, (*Νεφέλαι*) presentada en el 423 a.C, por el dramaturgo ateniense Aristófanes. Un personaje de la obra, acuciado por una deuda, juega nostálgicamente con la idea de emular a las brujas y bajar la Luna para guardarla en una caja. De esta manera, no habrá ningún indicador del comienzo del siguiente mes y podrá evitar el reclamo a que pague la deuda.

⁴ Pitágoras sostuvo que la Tierra mostraba tantas imperfecciones que la hacían imposible de ser el centro de un Universo ordenado en el que el Sol, la Luna, los planetas, las estrellas mostraban un comportamiento regular.

⁵ Pitágoras no dejó nada escrito. Sus enseñanzas se transmitieron por tradición oral. Filolao fue el primer discípulo en escribir una exposición sobre el sistema pitagórico. Fue contemporáneo de Sócrates y de Demócrito y se sabe que vivió en Tebas en las últimas décadas del siglo V a. C.

⁶ Como información adicional, probablemente al lector le hayan enseñado el famoso “Teorema de Pitágoras” expresado como: “En todo triángulo rectángulo, el cuadrado de la hipotenusa es igual a la suma

En la actualidad consideramos que una ciencia es el estudio de una parte de la realidad que trata de dar una interpretación teórica de las regularidades que se observan experimentalmente. Obviamente, para dar una interpretación teórica, hace falta una teoría.

1.2.- La ciencia como la búsqueda de una interpretación teórica de las regularidades que se observan empíricamente.

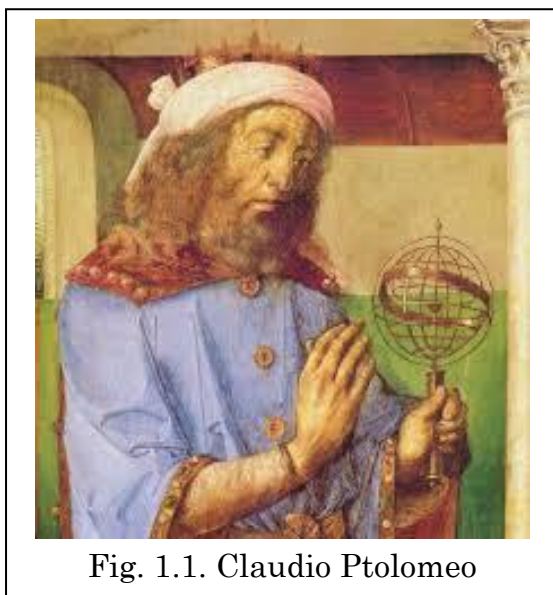
Toda teoría se caracteriza por tener ciertos enunciados fundamentales — que en ciertas disciplinas se llaman “principios”, en otras se llaman “postulados, en otras “axiomas”, etc. Esos enunciados fundamentales tienen ciertas características que son comunes a todas las disciplinas. Una de ellas es que se aceptan, “a priori”, como verdaderos. En aquellas disciplinas que se consideran “ciencias”, los enunciados fundamentales están sujetos permanentemente a corroboraciones empíricas y si un hecho de la realidad contradice a uno de los enunciados fundamentales, dicho enunciado se modifica o se anula. En cambio, aquellas disciplinas que mantienen sus postulados, a pesar de contrastaciones negativas, no son ciencias. Las Teologías, — de cualquier religión, — no son ciencias sino “dogmas”. En ellas, los hechos empíricos que contradicen sus principios se justifican como ocurriendo por voluntad divina o mediante “milagros”. Pueden ser muy útiles para promover la convivencia social o para confortar el dolor de las personas que sufren, pero no son ciencias.

Otro requisito para que una disciplina sea considerada una ciencia es que sus enunciados fundamentales sean aceptados por la gran mayoría de las personas que se dedican a esa actividad. A veces sucede que distintos grupos de personas, que se dedican al estudio de una misma parte de la realidad, sostienen enunciados diferentes y, muchas veces, antagónicos. Así ocurrió, por ejemplo, en la Óptica, en lo que respecta a la concepción de la naturaleza de luz. Muchos respetados físicos consideraron que la luz era un fenómeno corpuscular y otros, consideraban que la luz era un fenómeno ondulatorio. En esos casos, los epistemólogos consideran que la disciplina está en una etapa, a la que el epistemólogo Thomas Samuel Kuhn, — autor de la famosa obra *La estructura de las Revoluciones científicas*, — bautizó con el nombre “Preciencia”. Ese estado controversial se mantiene con el transcurso del tiempo, hasta que un

de los cuadrados de los catetos”. Imaginemos un triángulo rectángulo cuyos vértices sean, el mojón del kilómetro cero en la ciudad de Buenos Aires, el centro geográfico de Santa Rosa (La Pampa) y un punto de la provincia de Santiago del Estero, elegido de tal manera que los tres vértices formen un triángulo rectángulo. ¿El cuadrado de la distancia entre el mojón del kilómetro cero y ese punto en Santiago del Estero es igual a la suma del cuadrado de la distancia entre dicho mojón y el centro de Santa Rosa y el cuadrado de la distancia entre el centro de La Pampa y el punto elegido en Santiago del Estero? ¿Sí? ¡Entonces, la Tierra es plana! “Todo” es un cuantificador universal, pero el teorema de Pitágoras es válido solamente para triángulos rectángulos en un plano.

Introducción

descubrimiento o una experiencia particular logra que buena parte de las personas que adhieren a los enunciados fundamentales opuestos a la teoría en que se encuadra ese hecho, cambien de idea y comiencen a adherir a los enunciados fundamentales del otro grupo, consolidando a dichos enunciados como fundamentales de una sola ciencia.



El primer intento de dar una explicación teórica al movimiento de los cuerpos celestes fue dado por Claudio Ptolomeo (c.100 – c.170). Alrededor del año 150, publicó su concepción astronómica del Universo conocido, bajo el nombre de “La Colección Matemática”, nombre que luego cambió a “El Gran Astrónomo”, para distinguirla dentro de un conjunto de otros textos editados por otros autores, como Euclides y Menelaus, agrupados bajo el título “El Pequeño Astrónomo”. Para ello estableció un modelo

en el cual el Sol y los planetas se mueven en círculos, llamados “epiciclos”, relativamente pequeños, comparados con sus trayectorias alrededor de la Tierra. La trayectoria alrededor de la Tierra era considerada circular y era llamada “deferente”.

Sin embargo, el centro del círculo deferente no coincidía con el centro de la Tierra. (Ver Figura 1.2.)

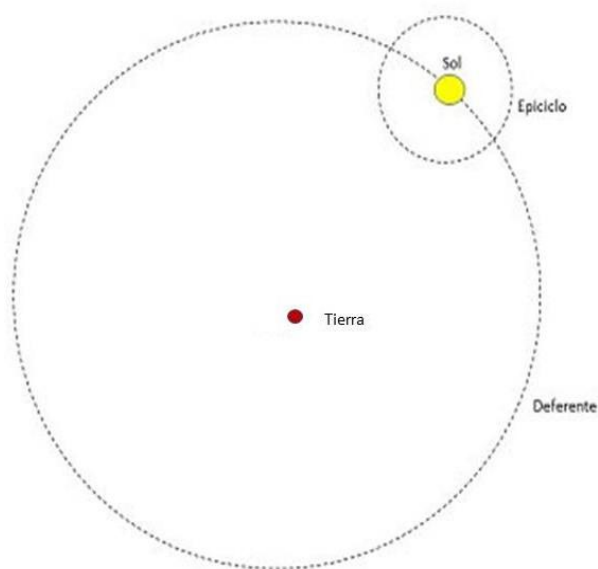


Figura 1.2.- Esquema de la rotación del Sol alrededor de la Tierra en el modelo astronómico de Ptolomeo.

La Luna y los cinco planetas conocidos en esa época Mercurio, Venus, Marte, Júpiter y Saturno, — cada uno de ellos girando en un epiciclo — se movían en círculos deferentes alrededor de la Tierra. De allí el nombre de Sistema Geocéntrico que se le dio al sistema planetario de Ptolomeo. Observados desde la Tierra, la Luna era el cuerpo celeste más próximo y el orden en que el resto se alejaba de nuestro planeta, era Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno. Mercurio y Venus eran llamados “planetas interiores” y empleaban un lapso igual al que hoy llamamos el de su “revolución sinódica” para realizar un giro de su epiciclo, mientras que el centro del epiciclo tardaba un año en recorrer toda la distancia del deferente. Por el contrario, los llamados “planetas exteriores” —Marte, Júpiter y Saturno — si bien se movían en sus epiciclos en un año, el centro del epiciclo recorría el deferente en un tiempo igual al de la revolución sideral del planeta.

Estos períodos fueron elegidos para explicar por qué los planetas inferiores acompañan siempre al Sol, sin poder apartarse de éste, más allá de una distancia angular determinada, los planetas superiores pueden moverse a distancias angulares muy grandes o muy pequeñas del Sol.

Si bien la idea de un Universo geocéntrico estaba de acuerdo con las ideas filosóficas y religiosas de la época, el hecho de que el epiciclo no tuviese por centro nuestro planeta fue aceptado porque “explicaba” ciertos movimientos como la retrogradación, pero los filósofos aristotélicos cuestionaron fuertemente que el centro de los deferentes no coincidiese con el centro de la Tierra. En el caso del Sol y de la Luna, los centros de los deferentes diferían muy poco del centro de la Tierra y, en primera aproximación, sus trayectorias podrían asimilarse a las circulares. Pero para los otros planetas, las trayectorias de los deferentes eran decididamente excéntricas.

Más allá de la órbita de Saturno, se ubicaba la esfera de las estrellas y la adecuación de la teoría a los resultados observacionales comenzó a hacerse más dificultosa, debiéndose incorporar a la teoría, nuevas trayectorias.

En el siglo III de nuestra era, el Emperador Constantino se convirtió al cristianismo y la teoría de Ptolomeo, que era un astrónomo pagano, fue perdiendo interés en el Imperio romano debido, también, a las dificultades por adecuar el modelo a los resultados observacionales. Esta tarea fue tomada por astrónomos árabes quienes la fueron completando, hasta que en el siglo IX el gran Tratado de Astronomía ptolemaica (*Almagesto*) ocupaba diez tomos.

Para poder explicar, sus anomalías, los astrónomos árabes le fueron introduciendo modificaciones y ya en el siglo IX, la teoría astronómica ptolemaica se comenzó a conocer como el “Almagesto”, o “El Gran Tratado”. En el siglo X, el Almagesto con sus modificaciones constaba de trece volúmenes que describían el sistema geocéntrico, los

Introducción

planetas, el Sol y las estrellas fijas, los eclipses, la geometría y la trigonometría, la construcción de instrumentos y observatorios astronómicos.

En el modelo geocéntrico se usaban tres construcciones básicas para explicar el movimiento de los cuerpos celestes: la excéntrica, la epicíclica, y una ecuatorial. En la construcción excéntrica algunos planetas giraban describiendo una circunferencia alrededor de la Tierra, pero no exactamente con centro en la misma. Esta rotación no era una trayectoria fija, sino variable.

En la construcción epicíclica los planetas se movilizaban en círculos que rotaban sobre la circunferencia del círculo mayor cuyo centro se encontraba sobre la Tierra. Con este tipo de movimiento se explicaba, y era fácil de entender, el retroceso aparente en la trayectoria de Marte.

Como las dos construcciones anteriores no lograban una explicación satisfactoria para los movimientos observados de algunos cuerpos celestes, se les agregó una tercera, la ecuatorial. Esta era una combinación de las otras dos formas de movimiento.

De las muchas obras adjudicadas a Ptolomeo la que él realmente escribió y, de alguna manera, está vinculada a la Astronomía es su *Tetrabiblos*. Son cuatro libros que tratan el control de la vida humana por las estrellas. Se estima que fue traducida al latín por Plato de Tívoli durante la primera mitad del siglo XII, bajo el título de *Quadripartium* y se estima que fue conocida aún antes de que apareciera una traducción del *Almagesto* al latín.

Muchos siglos antes de que Ptolomeo escribiera el *Tetrabiblos*, en la Mesopotamia Asiática, ya se había desarrollado una Astrología que no se dedicaba a analizar las conductas y perspectivas humanas en función de la posición en que estaban ciertas estrellas durante las fechas de sus nacimientos, sino las influencias del Sol, la Luna y conglomerados de estrellas sobre determinadas comunidades humanas, los territorios sobre los cuales habitaban, la salud y la vida de sus dirigentes, (reyes, príncipes, jueces, etc.), las batallas en las que esas comunidades intervenían y todos aquellos cambios que de una manera u otra podían afectar a cada comunidad. Ese tipo de astrología se conoce con varios nombres, pero el más usual es el de “astrología judicial”. Así, por ejemplo, se conocía la influencia de la posición de la Luna sobre las mareas de ríos y mares o el beneficio de plantar ciertos cereales durante el solsticio de invierno, etc.

Desde el punto de vista epistemológico la teoría heliocéntrica de Mikolaj Kopernik (Nicolaus

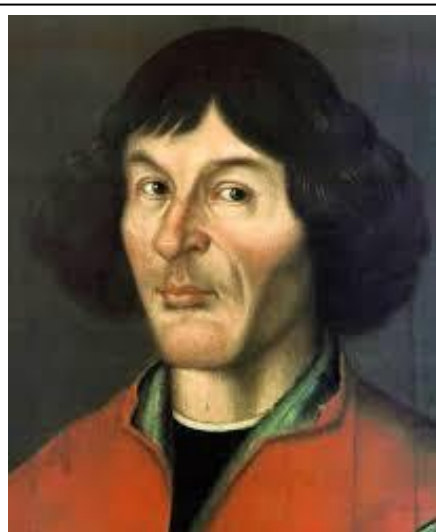


Fig. 1.3. N. Copernicus

Copernicus, 1473 – 1543) es una teoría mejor estructurada que la de Ptolomeo, ya que no requirió de modificaciones geométricas continuas para adecuar las trayectorias de los cuerpos celestes de manera que coincidieran con la teoría. Publicada con el nombre de *De revolutionibus orbium cælestium*, a fines de 1543, unos meses después de la muerte del autor, con un prólogo que no fue escrito por Copernicus, — que daba a entender que su objeto era sólo establecer procedimientos geométricos y matemáticos adecuados que permitieran anticipar los movimientos de los cuerpos celestes, — estaba dedicada al Papa Pablo III y está dividida en seis volúmenes.

En este modelo heliocéntrico las llamadas estrellas fijas dejaban de tener que girar en torno a la Tierra en 24 horas. Básicamente, en la construcción de su sistema, Copernicus trasladó toda la descripción del Universo y sus movimientos, de la Tierra al Sol. La esfera última de las estrellas fijas marcaba el límite del Universo de la misma manera que lo hacía el geocentrismo cosmológico. La gran diferencia que se establece entre el modelo geocéntrico y el que propugnó Copernicus radica en la recreación que hacen cada uno de ellos del movimiento de los planetas. En el sistema cosmológico ptolemaico, terminaron debiendo introducir diversos epiciclos mayores y menores, — además de los deferentes, — para adecuar los movimientos de los cuerpos celestes a lo que establecía el modelo teórico. Copernicus, en cambio, eliminó los epiciclos mayores para explicar el fenómeno de la retrogradación de los planetas. El movimiento característico de un planeta es tan sólo aparente, su trayectoria cambia de dirección por efecto del movimiento de la Tierra en su traslación alrededor del Sol.

El aparato matemático de Copérnico fue completado por Kepler, quien propuso la hipótesis de órbitas elípticas en lugar de circulares y estableció las tres leyes que llevan su nombre.

De revolutionibus tenía importantísimas implicaciones, ya que sacar a la Tierra del centro del Universo, era equivalente a sacar al hombre del centro del Universo. Por ello, la obra de Copernicus inició una verdadera revolución, ya que al modificar la concepción de hombre provocó cambios en el concepto de sociedad y de todas las disciplinas humanas.⁷

Hemos dicho que la Epistemología se ocupa también de validar el conocimiento científico. Desde su publicación, la teoría heliocéntrica fue rechazada por varios astrónomos

⁷ Una de las curiosidades de la vida de Copernicus, es que él quería ser canónigo de la catedral de Frombork y de la gestión para conseguir el cargo, se ocupó uno de sus tíos, que era Obispo, con muy buenas relaciones con cardenales del Vaticano. Si bien Copernicus había estudiado Derecho eclesiástico, desde el Vaticano le informaron que no habría inconvenientes para ocupar el cargo, pero que se requería un doctorado en Derecho canónico. Copernicus presentó una constancia que se había doctorado en Derecho Canónico en la Universidad de Ferrara en 1503 y accedió al cargo. Sin embargo, en la Universidad de Ferrara no hay ningún registro de que Copérnico haya estudiado alguna vez allí.

Introducción

por motivos teóricos y por la Iglesia por motivos religiosos, especialmente, la creencia de que Dios había creado a la Tierra como centro del Universo y al ser humano como el ente central del planeta, o sea del Universo. Por ello, en 1584, la Iglesia incluyó a “*De revolutionibus*” en el *Index librorum prohibitorum*, levantando esa prohibición, recién en 1835.

Varios astrónomos presentaron objeciones teóricas, entre ellas que, de acuerdo con la teoría de Copernicus, si la Tierra giraba alrededor del Sol, a medida que nuestro planeta efectuaba esa rotación debería ir variando el ángulo que forma la Tierra, moviéndose en el plano de rotación, con un eje que une al Sol con alguna de las llamadas “estrellas fijas” (ver Figura 1.4.).

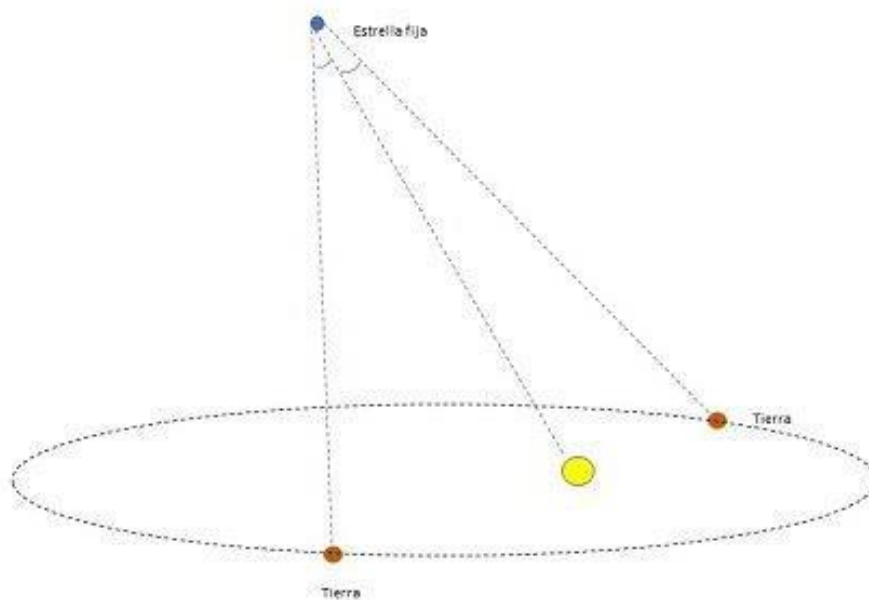


Figura 1.4. A medida que la Tierra se desplaza alrededor del Sol el ángulo que forman sobre el plano de rotación, la Tierra, el Sol y una de las llamadas “estrellas fijas” va cambiando.

Tyge Ottesen Brahe, conocido como Tycho Brahe (1546 – 1601), fue un astrónomo danés que, en el período anterior a la invención del telescopio, fue considerado como el mejor observador del cielo.

En Uraniborg, en la isla de Hveen, Brahe edificó un castillo, dotado de un observatorio, cuya construcción concluyó en 1580, equipado con todo tipo de instrumentos, algunos de colosales proporciones. En ese observatorio, intentó comprobar si, en su rotación alrededor del Sol, iba variando el ángulo que formaba la Tierra con el Sol y una de las estrellas consideradas “fijas” que se hallaba a una distancia enorme de nuestro planeta. Ese ángulo se denomina “ángulo de paralaje”.



Fig. 1.5. T. Brahe

Durante un tiempo algo mayor de un año, en el que la Tierra habría efectuado una órbita completa alrededor del Sol, no observó ninguna variación en el ángulo de paralaje, por lo que consideró que el modelo heliocéntrico descrito por Copernicus era incorrecto. Sin embargo, comprobó experimentalmente que algunas de las propuestas copernicanas eran correctas.

Eso lo llevó a proponer un sistema intermedio entre el copernicano y el ptolemaico. Sobre la base de sus observaciones, entre 1587 y 1588, publicó *Astronomiae instauratae progymnas mata* (*Introducción a la nueva astronomía*) en que consideraba a la Tierra en posición fija y al Sol girando alrededor de la Tierra, pero con los demás planetas rotando alrededor de él.⁸

Las llamadas “estrellas fijas” estaban a una distancia tan grande de la Tierra que ninguno de los telescopios más potentes que se construyeron hasta principios del siglo XIX podía detectar el ángulo de paralaje. Recién en 1838, Friedrich Wilhelm Bessel (1784 – 1846), trabajando en el laboratorio de Königsberg, entonces con el telescopio más potente de Europa y utilizando un aparato llamado “heliómetro de Fraunhofer”, pudo calcular el ángulo de paralaje de la estrella 61 Cygni, en la constelación de Cygnus, encontrando un valor 0,314. Fue entonces que se pudo validar la teoría de Copérnico que los infructuosos resultados de Brahe lo habían llevado a rechazarla.



Fig. 1.6. F. W. Bessel

En la actualidad, la comunidad científica acepta que la Astronomía copernicana es una ciencia. El instrumental científico y las herramientas matemáticas que los astrónomos emplean, permiten corroborar el cumplimiento de sus enunciados fundamentales y predecir comportamientos futuros de los cuerpos celestes. No ocurre lo mismo con la Astrología judicial y mucho menos con la Astrología personal u

⁸ El cuadro con la imagen de Tycho Brahe, tiene una alteración en el rostro: ¡Brahe no tenía nariz! De carácter irascible, el 29 de diciembre de 1566, Brahe se había batido a duelo con Manderup Parsberg, un caballero danés con quien había tenido una discusión acalorada, quien le seccionó la nariz de una estocada. Brahe se hizo fabricar una nariz de oro y plata que adhería a su rostro con un pegamento. En ese retrato, hizo que el pintor la disimulase.

“horoscoperas”, cuyos fallos en las predicciones se pueden comprobar con mucha frecuencia.

La llamada “geometría euclidiana” también es considerada una ciencia. Es un sistema matemático desarrollado por Euclides de Mégara (325 a.C. – 265 a.C.) quien lo publicó, alrededor del año 300 a.C., en su libro de texto de Geometría titulado “Los

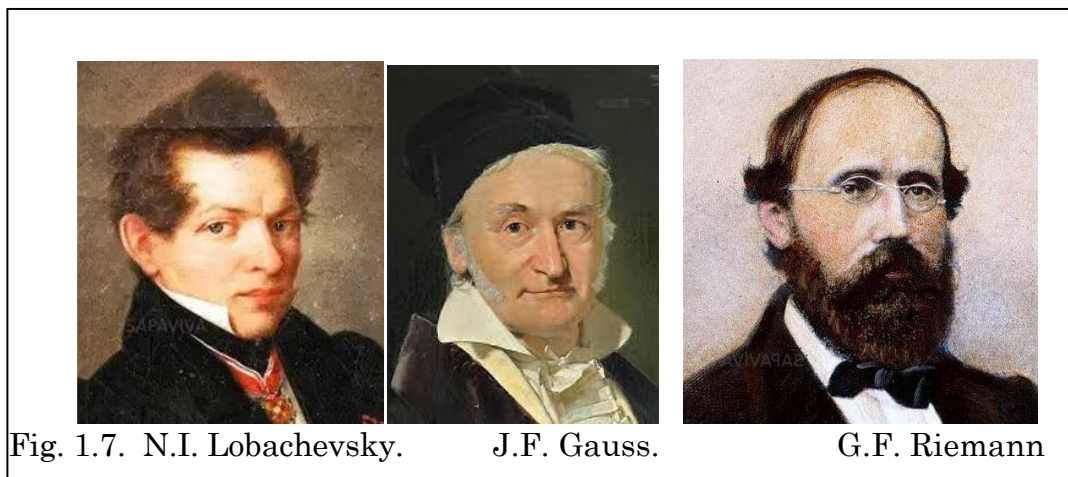


Fig. 1.7. N.I. Lobachevsky.

J.F. Gauss.

G.F. Riemann

elementos”, donde enunció un conjunto de postulados, intuitivamente convincentes, a partir de los cuales, se pueden deducir una gran cantidad de proposiciones, llamados “teoremas”. Dado que estos teoremas se deducen de los cinco postulados de Euclides, mediante las leyes de la lógica, la contrastación negativa de uno de esos teoremas no es un error de los postulados sino un error en la aplicación de las reglas de la Lógica. Nikolai Ivanovich Lobachevski, (1792 –1856), Johann Friedrich Gauss (1777 – 1855), y Georg Friedrich Bernhard Riemann, (1826 – 1866), tomando el quinto postulado de Euclides, “Por un punto exterior a una recta pasa una única recta paralela”, negándolo o modificándolo, desarrollaron otras geometrías, llamadas “geometrías no euclidianas”, cuyas aplicaciones han sido importantes en algunos campos del conocimiento, por ejemplo, en la Teoría de la relatividad general.

1.3.- El conocimiento científico y el que resulta de la experiencia.

Los filósofos griegos hacían una distinción entre lo que ellos llamaban doxa (δόξα) y lo que llamaban episteme (ἐπιστήμη). La doxa se refería al conocimiento adquirido por la experiencia, mientras que la episteme era el conocimiento adquirido por una teoría (por ejemplo, a partir de la Matemática). Parménides de Elea utilizó estos conceptos para distinguir “la vía de la opinión” de “la vía de la verdad”.

A las personas que tenían conocimientos adquiridos por sus experiencias, a veces se les presentaban casos que parecían contradecir sus conocimientos. “Enfrentado a”, en griego, se dice “para” (παρά) — así enfrentado con lo normal se dice “paranormal”. Lo que estaba enfrentado con el sentido común se decía paradoxa (παράδοξα), en castellano

“paradoja”. En muchos casos, lo que va contra el sentido común tiene una explicación derivada del conocimiento científico. Por ejemplo, el río más caudaloso de América es el Amazonas, que en cierta zona se cruza con el río Negro. Mientras que la coloración del agua del Amazonas es similar a la del Río de la Plata, el agua del río Negro es muy oscura, de allí su nombre. Observando el cruce desde un punto por encima de la superficie del agua, parece que las aguas no se mezclan, lo que atenta contra el sentido común ya que, en el cruce, si bien las composiciones medias de ambos ríos son distintas, al ser el agua el componente mayoritario de ambos cursos, la mezcla debería observarse. La explicación de la paradoja la da la episteme: las aguas del río Negro arrastran tantas impurezas que su densidad media es bastante mayor que la del Amazonas y, por lo tanto, el Negro circula por debajo de la superficie del Amazonas. Algo de agua se mezcla, pero ello no es detectable a simple vista, desde una altura mayor que esa superficie.

Hemos mencionado algunas de las características que definen a una ciencia, que sus enunciados fundamentales, considerados verdaderos *a priori*, se cumplan siempre y si alguno de esos enunciados es refutado por un hecho de la realidad, debe modificarse o descartarse y que deben ser sostenidos por la gran mayoría de las personas que se dedican a esa especialidad para no estar en la etapa de “preciencia”.

Ahora bien, ¿qué características se deben considerar en una disciplina para descartarla como ciencia?

Hemos establecido que la Astronomía copernicana es una ciencia. Tiene sus enunciados fundamentales que, hasta ahora, se cumplen siempre. Dentro de esa ciencia, todos los planetas tienen entre sí, el mismo comportamiento astronómico, por ejemplo, todos cumplen con las leyes de Kepler o con la ley de la gravitación universal (incluidos en los enunciados fundamentales de esa Astronomía). Análogamente, todos los cometas tienen el mismo comportamiento astronómico y todos los cuerpos celestes que son estrellas, también tienen el mismo comportamiento astronómico entre sí. Por eso si, por ejemplo, se les pregunta a diez astrónomos copernicanos ¿Qué día ocurrirá el próximo eclipse total de Luna? Basándose sobre el comportamiento astronómico de la Luna y las posiciones actuales del Sol, la Luna y la Tierra, los diez astrónomos harán los cálculos y establecerán la misma fecha, con independencia de las Universidades en que estudia-ron, quienes fueron sus docentes o la bibliografía usada para estudiar.

La Química es una Ciencia. Tiene sus enunciados fundamentales, por ejemplo, la conservación de la masa y la energía, los postulados de la Termodinámica, la composición constante de las especies consideradas “sustancias”, etc. Todos los entes del mismo tipo que estudia esta disciplina tienen el mismo comportamiento químico entre sí. Así todos los átomos de oxígeno tienen el mismo comportamiento químico, todos los átomos de azufre se comportan químicamente de la misma manera, lo mismo para los átomos de los otros elementos. Por lo tanto, si se les pregunta a diez químicos de distintas partes del mundo: Si en un recipiente de capacidad V , se colocan nA moles de

la sustancia A, n_B moles de la sustancia B y n_C moles de la sustancia C, ¿Se producirá una reacción química si se alcanza una temperatura de equilibrio T? ¿Cuáles serán las concentraciones de todas las sustancias cuando se alcanza ese equilibrio? Usar los datos termodinámicos de tal bibliografía. Los diez químicos darán los mismos resultados, sin importar en que Universidades estudiaron, quiénes fueron sus docentes o qué bibliografías usaron.

Esa misma uniformidad de respuestas se encontrará ante un problema del mismo tipo planteado a varios especialistas en las disciplinas que se consideran ciencias.

El Banco Central de la República Argentina, contrata a un grupo de 40 especialistas en Economía — Bancos Internacionales, consultoras económicas famosas, economistas que son docentes universitarios, — para que estimen la evolución en el corto plazo de diversas variables económicas, —por ejemplo, cuál será la cotización del dólar libre a fin de mes, o como variará el Producto Bruto Interno en el siguiente trimestre, — y con las respuestas que dan esos especialistas, elabora un promedio que se conoce como *Relevamiento de Expectativas del Mercado* (REM). Muchas veces, los valores máximos y mínimos de esas encuestas son tan diferentes que uno tiende a preguntarse si sirven para algo⁹. Pero el Banco Central considera que la Estadística es una herramienta útil para estimar la evolución futura de las variables económicas, aunque, según mi opinión, la Estadística no garantiza que esos valores futuros se cumplan¹⁰.

Por otra parte, ¿Cuáles son los enunciados fundamentales de la Economía? ¿Son los de Adam Smith? que podríamos resumir diciendo que el Estado no tiene que intervenir para nada en la Economía, o ¿Son los de Karl Marx?, diciendo que el Estado tiene que intervenir en toda la Economía. ¿O son los de John Maynard Keynes? O quizás los del ex-ministro de Economía, Domingo Felipe Cavallo (La convertibilidad debe ser eterna¹¹). No es de extrañar, entonces que, si se les pregunta a diez economistas, que hayan estudiado en la misma Universidad, con los mismos profesores y utilizado la misma bibliografía ¿A cuánto va a cotizar el dólar libre al finalizar el próximo trimestre?,

⁹ Así, por ejemplo, en el Resultado del Relevamiento de Expectativas del Mercado (REM) presentado en diciembre de 2025, las estimaciones para el valor del dólar oficial a diciembre de 2026 van de un valor mínimo de \$ 1476 a un valor máximo de \$ 1955. Si se tiene en cuenta que en diciembre de 2025 el precio del dólar oficial osciló alrededor de \$ 1450, los valores extremos nos sugieren que, al cabo de un año, el precio del dólar permanecerá, prácticamente, sin cambios o aumentará más del 30% y uno podría preguntarse ¿Qué utilidad tienen esas estimaciones?

¹⁰ Alguna vez, mis estudiantes me preguntaron ¿Qué es la Estadística? Y mi respuesta generó el encono de varios docentes de Matemática, “La Estadística es una medida de nuestra ignorancia, porque si tuviésemos certeza, no la necesitaríamos”; por lo que sugiero no expresarla.

¹¹ Ni siquiera los Estados Unidos, con la economía más poderosa del mundo, pudo sostener la convertibilidad entre el dólar y el oro a u\$s 35 la onza troy, pactada por el acuerdo de Bretton-Woods en 1944).

se obtengan veinte respuestas diferentes, cada una con su respectiva fundamentación, incluyendo una respuesta del tipo “¿A cuánto quieres que cotice?”

Llegamos así a la conclusión que la Economía no es una ciencia, aunque pueda ser una herramienta valiosa para el desarrollo material de una sociedad. No obstante, el término Ciencia está incorporado en el lenguaje usual de los economistas, “Facultad de Ciencias Económicas”, “desarrollo de la Ciencia Económica”, “Doctor en Ciencias Económicas”, etc.

Cuando era estudiante, cursé la asignatura Química Biológica en el Laboratorio del Hospital de Niños, donde la jefa del Laboratorio nos daba las clases teóricas ejemplificadas con demostraciones de cátedra usando el instrumental y los reactivos que allí había y, como trabajos prácticos, realizábamos los análisis clínicos que, en aquella época, se hacían manualmente. Un día vino al Laboratorio un médico del Hospital acompañado de una señora y su bebé de unos seis meses. El bebé pesaba algo más de medio kilogramo y su aspecto era el de un esqueleto recubierto por una piel violeta. El médico intentó una explicación “epistemológica” del porqué el bebé se encontraba en ese estado a pesar de ser amamantado diariamente, culpando a la madre que era diabética por no haber verificado, mediante los estudios correspondientes, si el bebé también lo era y otras disquisiciones teóricas sobre las causas de un estado de tal desnutrición. En la década de 1960 no se sabía que alrededor de uno cada diez mil niños nacen con la carencia de la enzima β -galactosidasa, indispensable para catalizar la transformación de la lactosa en glucosa, el único monosacárido que interviene en el metabolismo de los glúcidos.

Unos años antes, una vecina había tenido un niño con el mismo problema. El niño falleció y al año siguiente la mujer se volvió a embarazar. El médico que la atendió conocía la historia y usó la doxa. Le dijo más o menos así. No conozco la causa que provocó el estado de desnutrición del bebé que falleció. Pero ante la eventualidad que sea algo relacionado con la lactancia, cuando tenga familia, no lo amamante, aliméntelo con Glucolín (glucosa) disuelta en agua hervida. La mujer tuvo otro varón y siguiendo la opinión del médico, lo alimentó con glucosa y el bebé creció normalmente.

Para conocer la enormidad de casos en que un tratamiento médico no se cumple o que un medicamento tiene contraindicaciones que hasta pueden agravar la salud del enfermo, basta leer el prospecto que viene con el envase del medicamento. En esa disciplina, no todos los sujetos a los que se aplica la Medicina tienen el mismo comportamiento, tanto frente a la evolución de una enfermedad como la reacción frente a un medicamento y, muchas veces, es más efectiva la doxa que la episteme. Más allá de su contribución a mejorar la calidad de vida — y a prolongarla en el tiempo —, la Medicina no es una ciencia.

Esa efectividad se suele dar también en otras disciplinas, humanas o sociales, como la educación, la psicología, la sociología, etc., las que tampoco son ciencias.

Hemos mencionado que en la Astronomía copernicana todos los objetos del mismo tipo tienen el mismo comportamiento astronómico y que en la Química, todos los átomos de la misma clase tienen el mismo comportamiento químico, pero en aquellas disciplinas que estudian características de ciertas actividades que desarrollan los seres humanos, tanto en sus aspectos biológicos, como psicológicos o sociales, los seres humanos no experimentan el mismo comportamiento ante las mismas condiciones. Así, por ejemplo, si el REM que hemos comentado, estima que, en promedio, al finalizar el próximo bimestre, la cotización en pesos del dólar que se transa sobre entidades financieras de New York¹², va a tener un valor 22% más alto que el actual, eso no implica que todas las personas con disponibilidades monetarias para invertir vayan a comprar ese tipo de dólares (ni que el dólar alcance, efectivamente, ese valor). Algunos lo harán, otros no podrán hacerlo por no disponer de cuentas bancarias en New York, otras preferirán invertir en bonos del Estado, otras en acciones de empresas, otras colocarán su dinero a interés, otras en depósitos ajustables por inflación y no faltarán otras personas que usarán su dinero en moneda local para tomarse una semana de vacaciones o para cambiar el automóvil. Llegamos así, mediante un ejemplo, — y podríamos tomar muchos otros, — que aquellas disciplinas cuyos enunciados fundamentales no se cumplen siempre, no son ciencias. Respecto a los que consideran que son también ciencias aquellas cuyos enunciados fundamentales se cumplen “estadísticamente, me remito a mi opinión sobre la utilidad de la estadística, especialmente en su capacidad para orientar el comportamiento humano.

El campo de la realidad que estudia cada ciencia no tiene límites estrictos, sino que esos límites se amplían a medida que esa ciencia progresa. Las ciencias afines se van interrelacionando y, a menudo, terminan formando nuevas disciplinas científicas como la Bioquímica, la Física Biológica, etc.

1.4.- Bibliografía.

Bar-Hillel, Y, Bunge, M., Mostowski, A., Piaget, J., Salam, A., Tonal, L. y Watanabe, S., (1983): *El pensamiento científico. Conceptos, avances, métodos*. Ed. Tecnos- Unesco. Madrid.

Bicknell, P. (1983): *The Witch Aglaonice and Dark Lunar Eclipses in the Second and First Centuries BC*. Monash University, Clayton, Victoria, 3168, Australia.

¹² Que los economistas llaman “Contado con liquidación” o “Contado con liqui”.

Chalmers, A.F., (1988): *Qué es esa cosa llamada ciencia*. Siglo XXI Editores. Buenos Aires.

Katz, M., (2016): *Temas de historia de la Química*, AQA, Buenos Aires.

Katz, M., (2018): *Temas de historia de la Física*, Tomo I, AQA. Buenos Aires.

Klimovsky, G., (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6^a. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Kuhn, T. S.; (1996): *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J., (1994): 2. *La estructura del conocimiento científico*. 2^a Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

II.- LAS CARACTERÍSTICAS DE TODA CIENCIA Y LA BÚSQUEDA DE UN MÉTODO CIENTÍFICO.

2.1.- ¿Existe un método científico?

Tanto por la observación, como mediante los experimentos, en una ciencia se va acumulando información y una cantidad de datos, los que requieren ser ordenados eficientemente para su mejor análisis y/o interpretación. Es por ello que, tanto las disciplinas que son ciencias, como las que no lo son, utilizan métodos que les permitan corroborar empíricamente los aspectos teóricos propuestos, como anticipar o predecir cambios futuros o manipular las condiciones experimentales para provocar o modificar ciertos cambios en sus objetos de estudio. De allí la importancia que tiene el método que emplea una disciplina para el logro de sus objetivos, aunque más de un epistemólogo ha cuestionado la existencia de tal método. Este supuesto método sería un conjunto de reglas que establecerían la manera más eficiente en que se debe actuar para obtener datos, formular hipótesis y comprobar si tales hipótesis son correctas.

A pesar de los múltiples intentos para encontrar y caracterizar esta especie de “receta”, los epistemólogos sólo han podido establecer algunos procedimientos generales, que, a veces, parecen seguir los científicos. Pero esos “procedimientos generales”, presentan tantas dificultades que no permiten que funcionen como un método certero para obtener los resultados propuestos y, en muchos casos, no dan una descripción correcta del comportamiento de los objetos en estudio. Eso ha llevado a que muchos epistemólogos sugieran que la investigación científica se parece más a una actividad creativa, — dentro de los límites que imponen los datos disponibles — que a una actividad clasificatoria y metódica que permita obtener conocimientos más precisos de la realidad en estudio y de sus transformaciones.

Según Gregorio Klimovsky¹, entre los métodos que utiliza el científico se pueden señalar métodos definitorios, métodos clasificatorios, métodos estadísticos, métodos hipotético – deductivos, procedimientos de medición y muchos otros, de modo que hablar de “método científico” implica referirse a un vasto conjunto de tácticas empleadas para ordenar el conocimiento y ampliarlo. A partir de los resultados que se obtienen, este conjunto de tácticas se va refinando y/o modificando con el transcurso del tiempo. Por ello, el conocimiento de la historia de la ciencia es de gran utilidad para lograr mejoras en el “método científico”.

¹ Klimovsky, G. (2005): *Las desventuras del conocimiento científico*, 6ª. Edición. aZ Editora. Buenos Aires. Pág. 22.

En los inicios del estudio de una ciencia, se suele afirmar que la misma se ocupa de investigar un determinado campo de la realidad, pero, en la práctica, a medida que se profundiza el conocimiento, los límites de dichos campos se tornan cada vez más difusos y, en algunos casos, dan lugar a disciplinas híbridas como la Química biológica o la Biofísica.

2.2.- El lenguaje científico.

Otra de las características distintivas de una ciencia es el uso de un lenguaje que le es propio y en el cual hay términos cuyos significados pueden implicar conceptos muy distintos si son expresados en el contexto de otra disciplina.

Mientras que el pensamiento es privativo de la persona que se dedica a una disciplina, su expresión oral o escrita es lo que capturan e interpretan, tanto la comunidad que se dedica a esa disciplina y la sociedad en general. Toda teoría científica puede entenderse como una propuesta expresada mediante el lenguaje. De allí que, en la actualidad, se adopta un enfoque lingüístico de las ciencias, especialmente en lo atinente al examen de lo que las ciencias afirman.

Uno de los aspectos importantes de las expresiones científicas, es que permite emitir juicios de valor sobre ellas. En ese sentido, permiten juzgar si una afirmación científica es verdadera o falsa. Un enunciado como “a 25°C y 1 atm, el cobalto es más denso que el níquel” puede ser juzgado como verdadero o falso,² pero en ese juicio no se cuestiona si el cobalto o el níquel son verdaderos.

Platón sostenía que para que una afirmación exprese conocimiento debía ser verdadera. Intuitivamente, esta exigencia parece razonable ya que no es creíble que se pueda alcanzar conocimiento mediante afirmaciones falsas. Pero, en la actualidad, esa concepción platónica se ha abandonado, porque una teoría científica puede expresar conocimiento y su verdad no estar suficientemente probada. Hemos mencionado a la teoría geocéntrica, la cual fue considerada verdadera durante siglos para luego ser abandonada y a pesar de ello, durante un tiempo bastante largo, expresó conocimiento en cuanto a períodos de revolución de cuerpos celestes, trayectorias de cometas, producción de eclipses, etc.

La palabra “verdad” se emplea con diversas acepciones. A veces, se usa para expresar que algo está suficientemente probado. En otros casos, como una cierta correspondencia entre nuestras creencias y lo que ocurre en la realidad. Tal era la opinión de Aristóteles, quien fundaba la verdad sobre el vínculo que existe entre nuestro pensamiento, expresado a través del lenguaje, y lo que ocurre fuera del lenguaje, en la realidad. En el

² En esas condiciones el níquel es ligeramente más denso que el cobalto.

Las características de toda ciencia...

“concepto aristotélico de verdad” la verdad es la “adecuación” o “correspondencia” entre pensamiento y realidad. Dado que la Semántica se ocupa de las relaciones entre el lenguaje y la realidad, la concepción aristotélica de la verdad se conoce también como “concepción semántica de la verdad”.

En el ámbito de las ciencias formales, como la matemática, la palabra “verdad” se emplea cuando un enunciado es una consecuencia lógica de otro enunciado aceptado como verdadero. Por ejemplo, que una proposición matemática es verdadera significa que es deducible a partir de ciertos enunciados de partida, fijados arbitrariamente. Pero en las ciencias fácticas, el concepto aristotélico de verdad es más apropiado. Si mediante una afirmación se describe un cierto estado de cosas y si esa descripción coincide con lo que sucede en realidad, se dice que el enunciado es verdadero. La afirmación “Sobre la mesa hay un florero” es verdadera, si, y sólo sí, sobre la mesa hay un florero.

Notemos que la concepción aristotélica no necesariamente requiere de conocimiento. Una afirmación puede ser verdadera sin que nosotros lo sepamos. También puede ser falsa y nosotros no saberlo. “Hay agua en Neptuno” es un enunciado que puede ser verdadero o falso, pero que en el estado actual de nuestro conocimiento no podemos decidir acerca de su verdad o falsedad. Con esto queremos puntualizar que no necesariamente para que haya verdad debe haber conocimiento y prueba y que, debido a esto, la ciencia recurre a las llamadas “afirmaciones hipotéticas” o, simplemente, “hipótesis”. Quien formula una hipótesis no sabe si lo que ella describe se corresponde o no con los hechos. La hipótesis es una conjetura, una afirmación cuyo carácter radica en que se la propone sin conocimiento previo de su verdad o falsedad.

Uno de los problemas que plantea la investigación científica es el de decidir mediante qué procedimientos, si es que los hay, podemos establecer la verdad o la falsedad de una hipótesis. Desde el punto de vista del avance del conocimiento científico, puede ser tan importante establecer una verdad como una falsedad, es decir, la ausencia de correspondencia entre lo que se describe y lo que realmente acontece. En la historia de la ciencia hay muchos ejemplos de hipótesis falsas que sobrevivieron durante largo tiempo hasta que se logró probar su falsedad. Son casos notorios, la teoría geocéntrica, el fijismo de las especies y la existencia del éter.

Debe hacerse una distinción entre verdad y conocimiento de la verdad y entre falsedad y el conocimiento de la falsedad. Establecer si una afirmación es verdadera o falsa pertenece al ámbito del conocimiento y es posterior a la aceptación del significado que se les da a las palabras “verdad” o “falsedad”.

2.3.- Verificación y refutación

Para señalar que se ha probado la verdad o la falsedad de un enunciado se emplean los términos “verificado y refutado”. Para referirse a esta última prueba, algunos traductores han impuesto los neologismos “falsado” e incluso “falsificado”, pero consideramos que “refutar” y “refutado” son palabras suficientemente explícitas.

Los términos ‘verificado’ y “refutado” se refieren a nuestro conocimiento de la verdad o falsedad de una afirmación. Si una afirmación está verificada, entonces es necesariamente verdadera, si una afirmación ha sido refutada entonces es, necesariamente, falsa. Esto no excluye que haya afirmaciones que puedan ser verdaderas sin estar verificadas o que otras puedan ser falsas sin que hayan podido ser refutadas.

Para ciertos autores el uso de los términos verificación o refutación de enunciados, les resulta un tanto drásticos y prefieren emplear otras palabras que expresen un criterio más prudente para establecer el conocimiento de la verdad o la falsedad. Algunos suelen usar términos más “débiles” como “confirmación” o “disconfirmación” y hablan de afirmaciones, creencias, hipótesis o teorías “confirmadas” dando a entender que se puede depositar en ellas un alto grado de confianza. Esto se suele dar, por ejemplo, en las disciplinas sociales, cuando una afirmación, luego de ser sometida a métodos inductivos o estadísticos muestra una alta probabilidad de ser verdadera. Otros epistemólogos, como Karl Popper, usan la palabra “corroboración”, para indicar que una hipótesis, una creencia o una teoría han resistido con éxito determinados intentos de derribarlas y, por consiguiente, “han mostrado su temple”. La corroboración no establece el valor de verdad del tema en cuestión, sino tan sólo que ha resistido todos los intentos de refutarlo. Notemos que el término “corroboración” tiene un sentido mucho más débil que “confirmación”.

2.4. – Entidades empíricas y entidades teóricas

Las distintas disciplinas, se ocupan en estudiar las regularidades que presentan ciertos objetos que son de sus intereses. Muchos objetos son reales y son observables a simple vista. En otros casos, sólo pueden detectarse mediante instrumentos, — lupas, microscopios, telescopios, etc. En estos casos, al emplearlos, el científico acepta implícitamente, la teoría explicativa del funcionamiento del instrumento. Por ello, no sólo las entidades que se detectan mediante el ojo desnudo sino también las que se “visualizan” mediante instrumentos apropiados se denominan “entidades empíricas”. En cambio, aquellas que surgen de propuestas teóricas, como los ángulos, las raíces cuadradas, el seno de un ángulo, el minuto, etc., se llaman “entidades teóricas”. Obviamente, no todo objeto que estudia una disciplina se puede captar directamente mediante los sentidos o utilizando instrumentos. Ni el subconsciente, ni los cromosomas, ni los cuantos de energía o la estructura del lenguaje poseen esas características. A estos objetos se los podría denominar, provisoriamente, “objetos indirectos” para distinguirlos

Las características de toda ciencia...

de las entidades empíricas, a las que muchos epistemólogos llaman también “objetos directos” que son aquellos que no requieren de ningún instrumento o teoría para tener conocimiento de ellos. La importancia del estudio, tanto de los objetos directos como de los indirectos, es que, muchas veces, suelen permitir encontrar regularidades en sus cambios, esas regularidades se suelen llamar “*leyes naturales*”.

Hay una enorme cantidad de entidades, cualidades y relaciones a las que no podemos acceder mediante nuestros sentidos, pero que pueden estar relacionadas con cualidades, entidades o relaciones observables y eso es lo que nos permite vincularlas a ellas. Dado que sólo podemos tomar conocimiento de ellas en forma indirecta, no las podemos clasificar como entidades observables y como el conocimiento se logra asignándole alguna propiedad teórica al ente intermediario hace más adecuado clasificarlas como “entidades teóricas”.

Dentro de la multitud de entidades observables podemos citar, cualquier libro, un gato, una escuadra, una radiografía, un recipiente con tintura de tornasol, un plato con ravioles o un dispositivo llamado voltímetro. En este último caso, el aparato es una entidad observable, pero el número que indica la escala del aparato no es estrictamente la diferencia de potencial del material colocado entre las terminales del aparato, sino una representación convencional del resultado de la ecuación matemática derivada de la Física y lo que hacemos es aceptar “la teoría” del aparato según la cual cada punto de la escala se corresponde con un valor numérico de la diferencia de potencial entre los puntos del cuerpo que estamos midiendo. Si usamos un voltímetro de construcción diferente, el valor 0 de la escala puede estar en un lugar diferente de la misma y la amplitud entre dos valores sucesivos de la escala puede ser diferente. Para poder usar este voltímetro aceptamos, tácitamente, que la diferencia de longitud entre dos marcas consecutivas de la escala representa la variación en una unidad de la magnitud que el aparato registra.

Estas otras entidades, cualidades y relaciones que no son accesibles a nuestra percepción, pueden estar, sin embargo, relacionadas con las entidades, cualidades y relaciones observables; y es por esto que podemos tener conocimiento de ellas. Este modo indirecto hace que no las podamos entender como entidades observables sino como entidades teóricas. Citemos como ejemplo de entidades observables a las mesas, las personas, los signos o síntomas, las radiografías, la marca en un tensiómetro, la marca en un termómetro, o el color de un reactivo, etc. Por otra parte, a partir de ciertos observables inferimos la existencia de otras entidades como: patologías, presión arterial, circulación sanguínea, información genética, genoma, etc.

2.5.- Leyes empíricas y leyes teóricas.

Uno de los casos más comunes que existen en las regularidades que se encuentran tanto en las ciencias como en aquellas disciplinas que no lo son, es la vinculación entre

dos o más entidades en estudio. Cuando todas las entidades que se vinculan en una regularidad son entidades observables, en el sentido que hemos dado más arriba, la ley natural que expresa esa regularidad se dice que es una “ley empírica”. Esto es, las leyes empíricas sólo contienen términos observables o se refieren a términos observables o directos. En cambio, llamamos “leyes teóricas”, a aquellas que contienen al menos un término teórico, o que se refieren a alguna entidad teórica.

2.6.- La necesidad de un método para el desarrollo de la ciencia.

Descubrir regularidades, tal como expresa la Real Academia Española, es sólo una parte de la actividad científica y, en algunos casos, puede ser la menos importante. Así, por ejemplo, la retrogradación de Marte se conoce desde hace milenios, pero una explicación de tal fenómeno sólo fue posible gracias al modelo teórico de Ptolomeo y la corroboración teórica de tal retrogradación, no sólo permitió entenderla sin necesidad a recurrir a interpretaciones erróneas sino a considerar que podía ser posible que esa retro-gradación también existiera en otros casos. De modo que, es tan o más importante explicar los cambios que en un campo de la realidad se producen, que describir la regularidad que se produce, ya que esas explicaciones amplían el campo de aplicación de esa ciencia.

Para un logro eficiente de sus objetivos, la actividad científica no sólo debe estar despojada de creencias religiosas o mágicas, sino que también es necesario el requisito de un ordenamiento adecuado de la masa de datos y de la información que se dispone. Pero esa actividad no se limita a dar explicaciones que puedan corroborarse empíricamente, sino que trata de anticipar o predecir cambios futuros o manipular las condiciones existentes para evitar, provocar o modificar ciertos cambios en su objeto de estudio. De allí que uno de los temas centrales de la Filosofía de la Ciencia lo constituye el *método* que emplea cada ciencia para el logro de sus objetivos, aunque la falta de resultados alentadores en la búsqueda de tal método ha llevado a más de un epistemólogo a dudar de que tal método exista. Este supuesto método sería un conjunto de reglas que establecerían la manera más eficiente en que se debe actuar para obtener datos, formular hipótesis y comprobar si tales hipótesis son correctas. A pesar de los múltiples intentos por especificar esta especie de “receta”, los metodólogos no han podido acordar más que en algunos lineamientos generales, que a veces parecen seguir los científicos, pero que presentan tantas dificultades que no alcanzan a constituir un método certero para la obtención de los resultados que se proponen o de formular una descripción “correcta” del objeto de estudio. Por ello, ya hemos dicho que hay epistemólogos que sostienen que la investigación científica se parece más a una actividad creativa, — dentro de ciertos límites impuestos por los datos disponibles — que a una actividad clasificatoria y metódica que paso a paso lleve a conocimientos más completos de la realidad y sus transformaciones.

Las características de toda ciencia...

En la investigación científica, es bastante frecuente que para un mismo conjunto de datos haya diversas explicaciones satisfactorias, por lo que se torna necesario ponerlas a prueba para ver cuál de esas explicaciones puede predecir mejor algunos cambios todavía no observados. Pero aún en el caso en el que una determinada articulación de los datos permite una predicción correcta, este resultado no garantiza que las predicciones posteriores sean satisfactorias.

Otro de los factores que hacen imposible obtener una “receta para hacer teorías científicas” es que en ellas aparecen *términos teóricos*. Estos términos son inobservables y se establecen provisoriamente sobre la base de alguna “ley de correspondencia” que los vinculan con entidades consideradas empíricas. Pero muchas veces se producen nuevos resultados experimentales que contradicen la correspondencia aceptada entre entidades teóricas y empíricas, por lo que las predicciones fallan. Así, por ejemplo, para “explicar” la mecánica de los cuerpos celestes, Isaac Newton propuso la ley de la gravitación universal sobre la base de que existe “interacción a distancia” entre los cuerpos. Durante tres siglos la inobservable “interacción a distancia” fue aceptada unánimemente por la comunidad científica. Sin embargo, ciertos resultados obtenidos mediante la Mecánica Cuántica llevaron a negar su existencia y, hoy en día, uno de los principios de la llamada “Teoría del campo cuántico” establece que *no existe interacción a distancia*. Toda interacción entre cuerpos es mediada por algún tipo de entidad (fotones, gluones, gravitones, etc.) que contactan con los cuerpos que interactúan.

La inexistencia de un método científico cuya eficacia sea universal hace que, cada tanto, las teorías sean dejadas de lado y reemplazadas por otras que hasta suelen ser incompatibles con las abandonadas. No obstante, las ciencias progresan. Pero ese progreso no se debe a una receta infalible sino a la inventiva de los investigadores para proponer descripciones satisfactorias de la realidad que están estudiando y a la articulación de la disciplina en cuestión con otras disciplinas.

En 1938, Hans Reichenbach³ postuló que el ámbito de la creación o formación de la teoría muestra dos contextos: el contexto de descubrimiento y el contexto de justificación. El "contexto de descubrimiento" corresponde a la etapa en la que los científicos proponen hipótesis que puedan servir para explicar las relaciones entre un conjunto de observaciones. En cambio, en el "contexto de justificación" se ponen a prueba las hipótesis explicativas propuestas en el contexto de descubrimiento y se pretende averiguar si la hipótesis propuesta es confirmada o no por los hechos.

³ **Reichenbach, H.; (1938):** *Experience and Prediction: An Analysis of the Foundations and the Structure of Knowledge*, University of Chicago Press, Chicago, pp. 6 – 7.

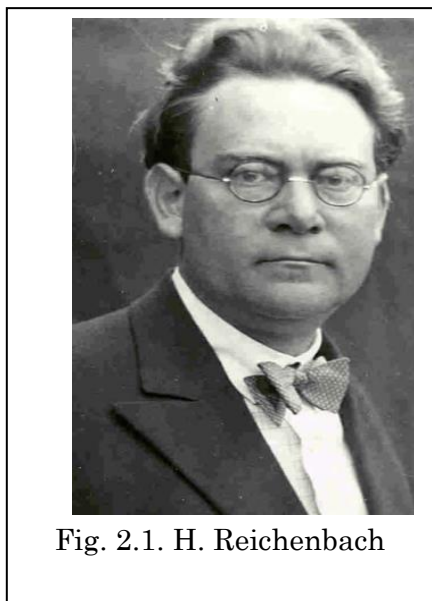


Fig. 2.1. H. Reichenbach

Ambos contextos parecen referirse a problemas independientes. El contexto de descubrimiento estaría relacionado con el campo de la psicología y de la sociología, mientras que el de justificación se vincularía con la teoría del conocimiento y en particular con la lógica. Pero en la actualidad son muchos los filósofos que estiman que la diferencia entre ambos contextos no es nítida ni legítima, pues habría estrechas conexiones entre el problema de la justificación de una teoría (y de sus cualidades lógicas) y la manera en que se la ha construido en la oportunidad en que ella surgió. Entre otros, esa es la opinión que formuló Thomas Kuhn. Si bien Kuhn reconoció que la distinción, — convenientemente reformulada, — aún podría ser útil, a su entender los criterios de aceptación de una teoría

deberían basarse no sólo sobre factores lógicos y empíricos sino también sobre otros, como, por ejemplo, el consenso de una comunidad científica o ideologías imperantes en una sociedad.

A los dos contextos que mencionó Reichenbach se le suele agregar un tercero, el “contexto de aplicación”, en el que se discuten las aplicaciones del conocimiento científico, su utilidad, su beneficio o perjuicio para la comunidad o la especie humana.

Si bien los problemas del contexto de descubrimiento y de aplicación son de enorme importancia, tanto teórica como práctica, en estas notas sólo nos referiremos a las cuestiones que atañen al contexto de justificación. Esto es, indagar acerca de los elementos de juicio mediante los cuales una determinada teoría científica merece ser considerada como conocimiento legítimo, qué criterios permiten decidir por una teoría en favor de otras y, en general, de justificar la racionalidad del cambio científico.

2.7.- El método inductivo.

Para comenzar la descripción de la etapa de formación de la teoría (contexto del descubrimiento), tomaremos como ejemplo algún conjunto de observaciones que motivó la necesidad de una teoría o hipótesis que lo explique.

El desarrollo de la Química durante los siglos XVII y XVIII, mostró que hay 5 sustancias formadas por nitrógeno y oxígeno, dos sustancias formadas por azufre y oxígeno, una sola formada por cloro e hidrógeno, etc. Joseph Louis Proust (1754 – 1826)

Las características de toda ciencia...

se dedicó a analizar la composición de diversas sustancias y en 1799 encontró que, cualquiera fuese la muestra de una sustancia dada, la proporción entre las masas de sus elementos era siempre la misma. Sobre la base de sus resultados experimentales, corroborados por muchos otros, formuló una generalización empírica: “En cada sustancia compuesta, la relación de masas entre los elementos que la forman es constante”³. De esta manera, al agrupar un cierto número de observaciones del mismo tipo, descubrió cierta constancia o regularidad: en todos los casos observados el análisis de una determinada sustancia compuesta muestra una constancia en las proporciones de masa de sus elementos constitutivos. De allí que esa regularidad se pueda enunciar como una ley en la que figura un cuantificador universal: “**Toda** sustancia compuesta tiene una composición definida”.⁴



Fig. 2.2. J. L. Proust

El ejemplo que acabamos de presentar es una “afirmación empírica general” ya que alude a cosas observables como las masas de las sustancias compuestas y a las masas de las sustancias simples mediante las cuales se pueden obtener dichas sustancias compuestas. Pero no sólo alude a los casos efectivamente observados, sino que ese enunciado se extiende a todos los casos posibles. De modo que, al aludir a casos aún no observados, constituye una suerte de predicción.

Las afirmaciones empíricas generales se llaman también *leyes naturales*.

Esta manera de obtener leyes empíricas se ha denominado "método inductivo". Podríamos decir que el método inductivo consiste en generalizar la regularidad encontrada en un conjunto de observaciones que fueron realizadas dentro de una gran

⁴ Claude-Louis Berthollet (1748-1822) se opuso a la conclusión de Proust afirmando que existen compuestos de composición variable dando una cantidad de ejemplos. Proust demostró que los ejemplos de Berthollet eran soluciones o mezclas de varias sustancias formadas por los mismos elementos. No obstante, la constancia de la composición de un gran número de sustancias, hoy se conocen muchas cuya composición es variable, como el sulfuro de hierro (II), algunas variedades cristalinas del óxido de hierro (II) como la wüstita y diversos semiconductores. En estos casos, la composición varía debido a que hay defectos en los cristales resultantes de la falta de ciertos átomos o iones. También es común la variación de la composición en polímeros de alto peso molecular.

diversidad de condiciones. A partir de las leyes así obtenidas, se podrán deducir tanto el conjunto de observaciones de que se disponía previamente como nuevos enunciados de observación aún no registrados, es decir, efectuar predicciones sobre el comportamiento de las entidades que tratan las leyes.

Una característica esencial de las generalizaciones empíricas es que en sus enunciados no hay términos teóricos.

2.8.- Método hipotético – deductivo.

En 1789, el químico irlandés William Higgins (1766 – 1825) publicó el libro “*A Comparative View of the Phlogistic and Antiphlogistic Theories*” donde, al analizar las composiciones de los cinco óxidos de nitrógeno conocidos, propuso que en cada uno de ellos cada átomo de nitrógeno está unido a uno, dos, tres, cuatro y cinco átomos de oxígeno. Como desde el atomismo griego se suponía que todos los átomos de un mismo elemento son iguales entre sí, incluyendo su masa, si las moléculas de cada compuesto tienen la misma composición tendrán la misma masa por lo que la “en cada sustancia compuesta, la relación de masas entre los elementos que la forman es constante”. Es decir, Higgins se anticipó diez años a la formulación de Proust.

Al hacerlo, Higgins no estaba generalizando observaciones previas ya que los átomos son inobservables. Es decir, postuló su existencia y comportamiento sin demostrarlos. Obviamente, el proceso que llevó a Higgins a proponer tal hipótesis no fue un método inductivo, sino que tuvo que conjeturar la existencia de entidades no observables, (los átomos) que se comportaban de una manera especial. Este tipo de postulaciones, resultan de imaginar las características de entes inobservables que harían posible explicar el comportamiento de lo observable y a esta clase de imaginación se la suele llamar “salto creativo”. Mediante un salto creativo se puede pasar de las afirmaciones empíricas generales a las generalizaciones teóricas. A partir de múltiples ejemplos como el de la postulación de William Higgins, muchos epistemólogos sostienen que la obtención de leyes empíricas y teóricas involucra un “salto creativo” y que la formulación de una ley no necesariamente resulta de la generalización de un gran número de observaciones. Más aún, un científico puede formular una generalización teórica aun habiendo observado un solo caso. Por lo tanto, no es correcto hablar de inducción en la obtención de la ley a partir de un solo caso o de un número reducido de casos y muchos especialistas rechazan el método inductivo como explicación de la manera en que los científicos llegan a formular sus leyes. Esta posición epistemológica se conoce como “descripción hipotético - deductivista de la ciencia” para distinguirla de la “descripción inductivista de la ciencia”. Ambas posturas disienten también en la forma de describir la obtención de las leyes empíricas.

Las características de toda ciencia...

Resumiendo, según la descripción hipotético – deductiva, la formulación de toda ley o conjunto de leyes implica un salto creativo por parte de quien la formula. Una vez que dichas leyes se formulan, mediante un proceso deductivo se extraerán de ellas algunas conclusiones o consecuencias que permitan contrastar esas leyes con los resultados experimentales.

2.9.- La contrastación de hipótesis.

Ya sea que las leyes se obtengan por inducción o por salto creativo es necesario ponerlas a prueba para determinar si esos enunciados son verdaderos, para lo cual deberán ser confirmados por los hechos, Caso contrario los enunciados serán refutados por la evidencia experimental.

Supongamos que queremos poner a prueba la ley:

“Las solubilidades en agua de todos los gases que no reaccionan con ella, disminuye con el aumento de la temperatura”

Si este enunciado resultó de la observación de la solubilidad del oxígeno, el nitrógeno y el helio, la primera puesta a prueba consiste en observar si el enunciado se cumple para estos tres gases. Es decir,

El enunciado propuesto debe explicar todas las observaciones ya realizadas.

El hecho que el enunciado haya dado una explicación satisfactoria a las observaciones anteriores no garantiza que explique todos los casos que aún no se han observado. Por lo tanto,

Las predicciones que derivan de la hipótesis propuesta deben cumplirse para los casos aun no observados.

Mediante este razonamiento predecimos que la solubilidad del neón disminuye con el aumento de la temperatura.

Aplicando un proceso deductivo efectuamos un enunciado a partir de una generalización. Al enunciado así deducido se lo llama "*consecuencia observacional*".

Efectuada la predicción se plantean dos resultados posibles. O bien la solubilidad del neón disminuye al aumentar la temperatura o bien no disminuye. Si la solubilidad disminuye, la consecuencia observacional "*corrobor*" la ley. Si se encuentra un gas, que no reaccione con el agua, cuya solubilidad aumenta con la temperatura, la consecuencia observacional no se cumple. En ese caso se dice que la consecuencia observacional es falsa. Como la afirmación general pretende ser verdadera para *todos* los casos, al no cumplirse para uno o más casos, podría decirse que también ella es falsa. En términos estrictos, se afirma que, si una de sus consecuencias observacionales es falsa,

entonces la afirmación general ha sido *refutada*. La refutación de una afirmación general consiste en hallar que una de sus consecuencias observacionales no se cumple.

Podríamos seguir haciendo predicciones acerca de la solubilidad del metano, del acetileno, del freón 22 y otros gases, en los cuales la consecuencia observacional corrobora esta ley natural. ¿Podríamos afirmar que la ley es verdadera? Lo único que podríamos decir es que, las evidencias con que contamos son compatibles con la suposición de que la ley es verdadera o que, hasta ahora, ninguna consecuencia observacional la ha refutado. Como la ley pretende ser aplicable a infinitos casos, es imposible saber si en el futuro alguna consecuencia observacional la refutará.

2.10.- Aceptación y rechazo de hipótesis en una disciplina fáctica.

Si una hipótesis contiene términos teóricos, resulta imposible comprobarla directamente, ya que los términos teóricos son inobservables. Si, además, esa hipótesis se refiere a un número grande o infinito de casos posibles, la imposibilidad de verificarla resulta harto evidente. Por ello, en el contexto de justificación, el científico trata de contrastar experimentalmente alguna consecuencia observacional de las hipótesis que contienen términos teóricos. Esta contrastación debe cumplir una de las reglas de la lógica: si la hipótesis es verdadera, entonces, la consecuencia observacional también lo es.

Si de la hipótesis se deduce que necesariamente se debería producir una determinada consecuencia comprobable empíricamente, parecería obvio que un resultado negativo de esa comprobación debe derrumbar a la hipótesis y que un resultado positivo la haría aceptable.

Tomemos como ejemplo la hipótesis “todos los cisnes son blancos”. Al emplear el cuantificador universal “*todos*” extendemos la afirmación a un número infinito de casos, tanto a los cisnes que existen en la actualidad, como los que existieron en el pasado y los que existirán en el futuro. Podríamos ir a un zoológico donde hay cisnes blancos y comprobar la hipótesis. Podríamos hacer una excursión a campo y, si los cisnes que encontramos son blancos, corroboraríamos la hipótesis. Pero cabe preguntarse ¿Es esto una verificación de la hipótesis? Hasta ahora sólo hemos hallado un número finito de casos presentes en el que la hipótesis se cumple. Bastaría encontrar un cisne que no sea de plumaje blanco para invalidar el uso del cuantificador “*todos*” y, por ende, nuestra hipótesis.

Durante siglos sólo se conocieron cisnes blancos, por lo que una hipótesis como la formulada más arriba se consideraba verificada. Pero en 1697 fueron descubiertos “cisnes negros” (*Cygnus atratus*) en Tasmania, una isla situada al sur de Australia, lo que invalidó la generalización. Por ello, en vez de emplear el término “verificación” se usa la palabra “corroboración” para hacer referencia a los resultados positivos en las

Las características de toda ciencia...

contrastaciones de las hipótesis. Cuando una consecuencia observacional está de acuerdo con lo formulado por una hipótesis general, la consecuencia observacional corrobora la hipótesis, no la verifica.

2.11.- Contrastaciones negativas. El “modus tollens”.

En la llamada “versión simple” del método hipotético deductivo, basta que una contrastación de la hipótesis dé resultado negativo para que la misma deba descartarse. Esta versión recurre a un tipo de razonamiento que se emplea en la Lógica llamado “*modus tollendo tollens*” (del latín *modo que negando niega*). Este es un razonamiento indirecto, cuyo nombre formal es “prueba indirecta” o “inferencia contrapositiva”.

El silogismo modus tollens toma la siguiente forma de ley lógica:

Si P, entonces Q.

Q es falso.

Entonces P es falso.

El argumento tiene dos premisas. La primera es el condicional "P implica Q". La segunda premisa indica que Q es falsa. De estas dos premisas se deduce la conclusión de que P debe ser falsa. Si P fuera verdadera, entonces Q lo sería por la primera premisa, pero no lo es, por la segunda.

En una notación diferente, utilizando operadores lógicos:

$$[(p \rightarrow q) \wedge \sim q] \rightarrow \sim p$$

O también:

$$p \rightarrow q$$

$$\sim q$$

$$\sim p$$

El modus tollendo tollens fue utilizado por Karl Raimund Popper (1902 – 1994) en su respuesta al problema de la inducción, conocida como “*Falsacionismo*”, ya que este filósofo llamaba “falsación” a la refutación de una hipótesis cuando no se verifica alguna de sus consecuencias observacionales. La manera radical en que Popper consideraba

que una hipótesis debía rechazarse no fue aceptada por muchos epistemólogos. En la práctica, ante la producción de una contrastación negativa, la mayoría de los científicos se niegan a descartar las hipótesis que formularon y tratan de buscar una hipótesis que permita explicar el fallo de la predicción.

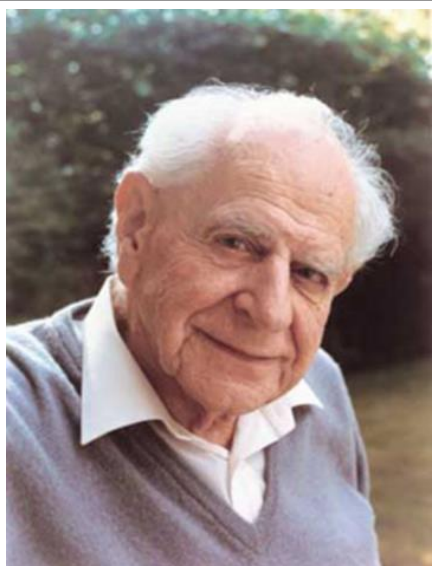


Fig. 2.3. K. R. Popper

Para ello, suelen introducir hipótesis auxiliares, como por ejemplo “en ausencia de campos magnéticos” o “despreciando la interacción gravitatoria”, o “siempre que la temperatura no exceda de...”, etc.

La práctica científica está llena de ejemplos en donde, frente a una refutación, los científicos no abandonan la hipótesis, sino que dan argumentos adicionales para explicar la aparente contradicción entre las predicciones de esa generalización y las observaciones registradas.

En general, cuando un enunciado general contiene términos teóricos, cabe la posibilidad de neutralizar las refutaciones empíricas formulando

hipótesis *ad hoc* que modifiquen parcialmente el enunciado general o que muestren una falla en alguna de las hipótesis auxiliares. En enunciados generales que no contienen términos teóricos, se suelen formular hipótesis *ad hoc* que se refieren a errores en la observación.

En todos los casos en que se formula una hipótesis *ad hoc*, esta debe ser contrastada en forma independiente poniéndola a prueba en otros casos que no sean aquellos para los que fue formulada.

El recurso de las hipótesis *ad hoc* dificulta la refutación de enunciados generales y, por consiguiente, es la mayor traba a la aceptación de la versión simple del método hipotético deductivo. Por otro lado, suelen hacer que los enunciados que contienen términos teóricos mejoren respecto de sus formulaciones originales. En otros casos, — como la introducción de la hipótesis de la existencia del éter para justificar el comportamiento de la luz — pueden ocultar la falsedad de una teoría o retardar su abandono. En cualquiera de estos casos, la introducción de las hipótesis *ad hoc* tiene la virtud de refinar conceptos teóricos o métodos de comprobación experimentales.

2.12.- La versión compleja del método hipotético-deductivo.

Las características de toda ciencia...

Cuando una consecuencia observacional arroja resultado negativo, la precaución elemental que debe tomar quien la realiza, es repetir las observaciones a fin de detectar algún error en sus determinaciones. De no hallarlo, debería revisar los datos que surgen de la teoría para comprobar su corrección. Si estas tareas no permiten encontrar las causas del resultado negativo, entonces hay que dejar de lado la búsqueda en el ámbito de los resultados experimentales y tratar de encontrar el origen de la falla entre las hipótesis auxiliares.

Las hipótesis auxiliares no expresan un conocimiento adquirido anteriormente. Son suposiciones que no han sido contrastadas con anterioridad y que se plantean para poder llevar a cabo la investigación. A veces se las identifica con las “hipótesis de trabajo”, formulaciones puntuales que sirven como guías para ordenar el curso de una investigación y que deben ser confirmadas por los resultados experimentales.

En la práctica científica es bastante común la formulación de hipótesis auxiliares. Estas hipótesis suelen ser de lo más variadas y plantearlas surge de alguna situación particular.

Supongamos que se quiere llevar a cabo una transformación química en fase condensada que corrobore o no la reactividad de dos tipos de sustancias orgánicas. En este caso se podrían considerar diversas hipótesis: que el resultado puede estar afectado por la temperatura a la cual se lleva a cabo, por la presión ambiental, por el pH del medio, etc. Planteadas las diversas hipótesis ¿cómo determinar que tales o cuales factores son pertinentes, en el sentido que pueden condicionar o modificar el resultado? Obviamente, si se controlan las condiciones exteriores, la hora en que se efectúa el ensayo no es relevante y el investigador parecería actuar correctamente al desdeñarla. También podría considerar que la presión ambiental no influye (sensiblemente) sobre las fases condensadas. Podría considerar que el pH del medio o la temperatura sí pueden afectar el resultado de la prueba. De modo que considerará que hay factores que influyen y otros que no lo hacen. Cuando toma la decisión de declarar que un factor es pertinente para la obtención de un resultado, está formulando una hipótesis que se denomina “hipótesis factorial”.

En aquellos casos en los que una hipótesis factorial no está sustentada por investigaciones anteriores, actúa como “hipótesis auxiliar”. En otros casos, la experiencia previa aconseja tomar en cuenta determinado factor que podría alterar el resultado de una investigación. En este caso, la hipótesis factorial tiene las características de las “hipótesis subsidiarias”.

2.13. - El uso de las hipótesis “*ad hoc*”.

Hemos dicho que una hipótesis *ad hoc* es aquella creada expresamente para explicar un hecho que contradice una teoría que a uno le interesa defender.

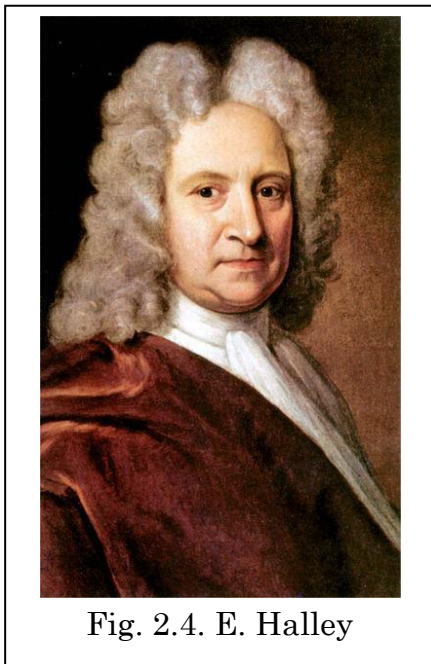


Fig. 2.4. E. Halley

Por ejemplo, a fines del siglo XVII, las observaciones astronómicas mostraron que había una diferencia significativa entre el período de revolución de Júpiter y el que surgía de aplicar la ley de la gravitación universal de Newton. En 1705, el matemático y astrónomo Edmond Halley (1656 – 1742), postuló que la diferencia se debía a la interacción gravitatoria con un cometa que ya había sido avistado en 1681. Rehaciendo los cálculos mediante la consideración de esa interacción el período orbital de Júpiter coincidía bastante bien con la ley de Newton. Halley fue más allá y postuló que el cometa iba a ser visualizado desde la Tierra en 1758 ⁵. Falleció en 1742 por lo que no pudo disfrutar de ver cumplida su predicción.

Un requisito indispensable para la aceptación de una hipótesis *ad hoc* es que debe ser corroborada independientemente de la situación en que se la introdujo, (con lo que dejaría de ser una hipótesis *ad hoc*).

El uso de las hipótesis *ad hoc* fue muy criticado por Popper. Él las consideró “argucias” injustificables destinadas a sostener una teoría, aunque sea falsa. No obstante, el uso de este tipo de hipótesis es bastante común en la actividad científica. En algunos casos permite mantener vigente una teoría defectuosa. En otros casos, como en el experimento de Geiger y Mardsen, que dio lugar a la hipótesis de que el rebote de las partículas alfa al impactar sobre una delgadísima lámina de oro se debe a que impacta sobre un punto que contiene la carga positiva del átomo, puede potenciar el desarrollo científico.

Cuando un científico tiene una idea y la formula como hipótesis o teoría, se resiste a descartarla, especialmente si la considera buena. Por ello, si la falla que provoca la refutación no se encuentra en los datos, ni en las observaciones, ni en las hipótesis auxiliares ni en las hipótesis subsidiarias comienza a cuestionarse: ¿No será que estoy presuponiendo teorías erróneas? Y, en muchos casos, comienza a poner en duda las teorías presupuestas, es decir, el marco teórico dentro del cual elaboró su teoría específica y realizó sus investigaciones.

A principios del siglo XX estaba bien establecido el carácter ondulatorio de la luz. Pero con el marco teórico de la óptica ondulatoria, no podía explicarse el llamado “efecto fotoeléctrico” según el cual cuando la radiación electromagnética impacta sobre una

⁵ Por eso fue apodado “El cazador de cometas”.

superficie metálica provoca que esta emita electrones y que la emisión sólo ocurre si la frecuencia de la radiación supera un cierto valor mínimo. Albert Einstein dio una explicación de este fenómeno rechazando la concepción clásica según la cual la luz es una perturbación ondulatoria que se propaga a una velocidad c , que depende del medio, y cuya energía varía continuamente en función de su amplitud. Postuló, en cambio, que la luz se puede comportar como si fuese un haz de entidades (fotones) que, al igual que los corpúsculos, pueden intercambiar energía y cantidad de movimiento con los átomos de la superficie metálica. Que la energía de cada uno de esos fotones depende de la frecuencia de la luz y no de su amplitud y que esa energía no podía variar en forma continua sino en forma discreta. Modificando el marco teórico de esta manera, pudo lograrse una concordancia entre la teoría específica de la fotoelectricidad y los resultados experimentales.

En la formulación del Tercer Principio de la Termodinámica se habla de “cristal perfecto” de una sustancia pura. Este es un ejemplo de las llamadas “hipótesis ad hoc”. Puede ocurrir que al evaluar experimentalmente la entropía de una sustancia pura y calcular su valor en el cero absoluto este sea mayor que cero. En la versión simple del método hipotético deductivo, este resultado refutaría el enunciado general. En 1912, Max Planck introdujo el requisito de que el cristal sea perfecto. Al respecto consideró que, si el cristal no es perfecto, sus imperfecciones, por ejemplo, la existencia de un hueco, hacen que el cristal se comporte como una solución en la cual las imperfecciones se comportan como “componentes” y por consiguiente en ella hay una “entropía de mezcla”.

Las hipótesis ad hoc, se suelen introducir para salvar una hipótesis general, especialmente aquellas en las que figuran términos teóricos.

La práctica científica está llena de ejemplos en donde frente a una refutación los científicos no abandonan la hipótesis, sino que dan argumentos adicionales para explicar la aparente contradicción entre las predicciones de esa ley y las observaciones registradas.

En general, cuando un enunciado general contiene términos teóricos, cabe la posibilidad de neutralizar las refutaciones empíricas formulando hipótesis ad hoc que modifiquen parcialmente el enunciado general o que muestren una falla en alguna de las hipótesis auxiliares. En enunciados generales de segundo nivel, que no contienen términos teóricos, se suelen formular hipótesis ad hoc que se refieren a errores en la observación.

En todos los casos en que se formula una hipótesis ad hoc, esta debe ser contrastada en forma independiente poniéndola a prueba en otros casos que no sean aquellos para los que fue formulada.

El recurso de las hipótesis ad hoc dificulta la refutación de enunciados generales y, por consiguiente, es la mayor traba a la aceptación de la versión simple del método

Las características de toda ciencia...

hipotético deductivo. Por otro lado, suelen hacer que los enunciados de tercer nivel mejoren respecto de sus formulaciones originales. Estas hipótesis ad hoc suelen hacer más complejos a los enunciados de tercer nivel ya que dan cuenta de diversas variantes en la producción de los cambios observables. En otros casos, como la introducción de la hipótesis de la existencia del éter para justificar el comportamiento de la luz, pueden ocultar la falsedad de una teoría o retardar su abandono. En cualquiera de estos casos, la introducción de las hipótesis ad hoc tiene la virtud de refinar conceptos teóricos o métodos de comprobación experimentales.

2.14.- Los problemas de la contrastación.

La versión simple del método hipotético deductivo que hemos presentado en la sección anterior ha merecido objeciones, basadas en el argumento de que no refleja la complejidad de la estrategia científica real. Si se examina en detalle el marco teórico dentro del cual se lleva a cabo la contrastación de enunciados generales, especialmente de tercer nivel, se encuentra que la versión simple del método hipotético deductivo es insuficiente debido a que, además de los enunciados generales se incluyen hipótesis auxiliares e hipótesis ad hoc. Por otra parte, puede ocurrir que el instrumental empleado para la contrastación no asegure que el resultado obtenido sea verdadero.

Cuando se contrasta una teoría hay diversos tipos de hipótesis que deben tenerse en cuenta.

Toda teoría está inserta en un “marco teórico” constituido por hipótesis y teorías que se dan por verdaderas y que se aceptan sin objeciones. En toda teoría aparecen términos cuyo significado se conoce de antemano debido a que provienen de otras teorías que están incluidas dentro del marco teórico y que, para la teoría en cuestión se consideran “términos presupuestos”. Así, una teoría sobre la dinámica del sólido rígido emplea términos como “masa”, “aceleración”, etc., que corresponden al dominio de la Mecánica Clásica. A su vez, esta Mecánica Clásica emplea conceptos geométricos que derivan de la concepción del espacio absoluto y su estructura euclidiana.

Todas aquellas teorías que, por razones lingüísticas, o porque son necesarias para la deducción de la teoría a contrastar, intervienen en la puesta a prueba de la teoría específica en estudio, se suelen denominar “teorías presupuestas”.

La contrastación de un enunciado de tercer nivel requiere, además, la aceptación de otro tipo de hipótesis o de teorías que conciernen al material empleado durante la puesta a prueba o al instrumental utilizado durante la misma. Estos suelen ser específicos, como lo son los materiales e instrumentales empleados en el análisis de sustancias inorgánicas que son bastante diferentes a los empleados para analizar sustancias orgánicas.

No siempre, las hipótesis sobre el material de trabajo provienen de algún conocimiento anterior. En muchos casos al diseñar un experimento de contrastación se recurre a suposiciones algo improvisadas, ad hoc, como ser que las sustancias a utilizar tengan un grado de pureza adecuado, etc. Las hipótesis vinculadas a las propiedades de los materiales de trabajo elegido se suelen llamar genéricamente “colaterales”. A su

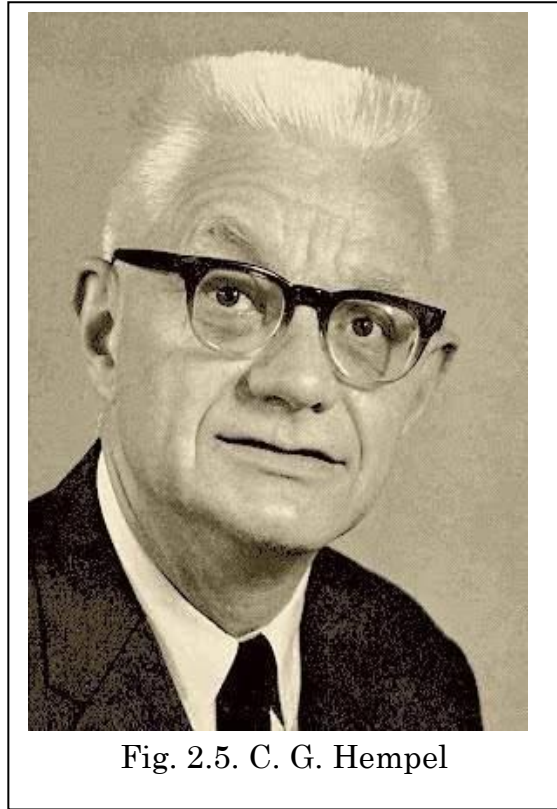


Fig. 2.5. C. G. Hempel

vez éstas podrán ser “subsidiarias” o bien “auxiliares”. Las primeras son aquellas suficientemente corroboradas y aceptadas que expresan nuestro conocimiento anterior del material de trabajo. Las segundas, las que se aceptan provisional y transitoriamente porque sin ellas no puede avanzar la investigación.

Algunos epistemólogos, como Carl Gustav Hempel, (1905 – 1997), llaman “auxiliares” a las hipótesis colaterales. Pero en su acepción general, las hipótesis auxiliares tienen el carácter de postulados, es decir, se aceptan “a priori” como válidas, aunque no las haya corroborado nadie. En cambio, las hipótesis subsidiarias expresan conocimiento sobre el material de trabajo.

Por consiguiente, cuando se contrasta una determinada teoría debe considerarse un

conjunto de teoría e hipótesis:

- Teoría específica que se contrasta
- Teorías presupuestas
- Hipótesis colaterales subsidiarias
- Hipótesis colaterales auxiliares

Para llevar a cabo la contrastación es necesario evaluar los datos disponibles, las condiciones iniciales, las condiciones de contorno y otros enunciados singulares de primer nivel que detallan aspectos empíricos que pueden estar vinculados con la contrastación.⁶

⁶ Ver **Hempel, C. G. (2003): *Filosofía de la Ciencia Natural*. Tercera reimpresión. Alianza Universidad. Madrid, pp. 107 – 126.**

2.15.- Los problemas de la refutación.

Cuando la consecuencia observacional está plenamente de acuerdo con lo que se deduce de la teoría específica que se somete a prueba, esta teoría está siendo corroborada. Pero cuando el resultado revela cierta contradicción con la teoría presupuesta se debe determinar cuál es la hipótesis refutada por la consecuencia observacional.

Así, por ejemplo, en una contrastación del desplazamiento de un cuerpo el número de hipótesis presupuestas y colaterales que intervienen puede ser grande. Desde la precisión de los instrumentos de medida, la estimación de los coeficientes de rozamiento estático y dinámico, el grado de inclinación de la superficie a través de la cual el cuerpo se desliza, las condiciones de contorno que pueden afectar el desplazamiento, etc.

Cada vez que una observación pertinente corrobora alguna teoría, se corrobora, simultáneamente, un cierto número de hipótesis. Pero ¿qué ocurre cuando por el resultado de la contrastación, la consecuencia observacional resulta ser falsa? Si se aplicase la versión simple del método hipotético deductivo, el investigador concluiría que la teoría ha sido refutada por lo que debe descartarla. Pero como en la contrastación intervienen varias teorías, distintas hipótesis y datos de la base empírica, mencionados en la sección anterior, no podría asegurarse cuál es la causa del resultado negativo. Podrían ser falsas una o más hipótesis presupuestas, subsidiarias o auxiliares. Hasta los datos podrían estar “perturbados” por mediciones incorrectas o condiciones de contorno mal evaluadas. De modo que una sola observación negativa no permite refutar una teoría de manera concluyente.

Algunos autores, como Karl Popper, consideran que aún los enunciados de primer nivel, enunciados empíricos básicos, tienen carácter hipotético ya que se formulan con el auxilio de un conjunto de conceptos vinculados con el mundo físico que conocemos. Un adulto tiene tan incorporado ese conjunto de conceptos que no le sería fácil percatarse del carácter hipotético de la observación de una mesa. En cambio, si por primera vez desmonta el gabinete de un horno a microondas y observa su interior podría llegar a afirmar que el magnetrón es un transformador. Popper afirma que todo enunciado que emplea conceptos físicos tiene características de hipótesis ya que hace presuponer cual será el comportamiento futuro del ente que se observa.

Si se acepta que los enunciados de primer nivel tienen carácter hipotético, los datos y observaciones pueden ser también los responsables de la refutación y entonces cabe volver a preguntarse ¿Qué es lo que refuta la consecuencia observacional? Si los datos de la base empírica son hipotéticos, entonces la consecuencia observacional también lo es y, por lo tanto, cuando la contrastación es negativa la refutación no es definitiva (ya que experiencias posteriores podrían refutar la aserción de que la consecuencia observacional es falsa) y puede ser revisada en función de nuevos datos. De este modo, toda refutación sería provisoria.

Para salir del entuerto, en cada disciplina los científicos aceptan como indiscutidos una cierta cantidad de resultados experimentales y un conjunto de datos observacionales. En cada disciplina, esos resultados y datos constituyen una “base empírica epistemológica” que, al aceptarse sin discusión, permite elaborar teorías y contrastar únicamente los enunciados de segundo y tercer nivel. Eso no quita que, a lo largo del desarrollo de una ciencia, los resultados experimentales y los datos de la base empírica sean revisados.

La historia de la ciencia ha demostrado que, en la mayoría de los casos, la versión simple del método hipotético deductivo no se aplica, sino que, ante una contrastación negativa de una teoría, se rehacen los cálculos, se controlan los datos, se revisan las hipótesis auxiliares y las subsidiarias y hasta se cuestionan las teorías presupuestas. Una teoría específica tiene que ser groseramente inconsistente para que se derrumbe ante la primera refutación.

A diferencia de las hipótesis secundarias, las auxiliares no expresan un conocimiento adquirido anteriormente. Son suposiciones que no han sido contrastadas con anterioridad y que se plantean para poder llevar a cabo la investigación. A veces se las identifica con las “hipótesis de trabajo”, formulaciones puntuales que sirven como guías para ordenar el curso de una investigación y que deben ser confirmadas por los resultados experimentales.

En la práctica científica es bastante común la formulación de hipótesis auxiliares. Estas hipótesis suelen ser de lo más variadas y plantearlas surge de alguna situación particular.

Supongamos que se quiere llevar a cabo una transformación química en fase condensada que corrobore o no la reactividad de dos tipos de sustancias orgánicas. En este caso se podrían considerar diversas hipótesis: que el resultado puede estar afectado por la temperatura a la cual se lleva a cabo, por la presión ambiental, por el pH del medio, etc. Planteadas las diversas hipótesis ¿cómo determinar que tales o cuales factores son pertinentes, en el sentido que pueden condicionar o modificar el resultado? Obviamente, si se controlan las condiciones exteriores, la hora en que se efectúa el ensayo no es relevante y el investigador parecería actuar correctamente al desdeñarla. También podría considerar que la presión ambiental no influye (sensiblemente) sobre las fases condensadas. Podría considerar que el pH del medio o la temperatura sí pueden afectar el resultado de la prueba. De modo que considerará que hay factores que influyen y otros que no lo hacen. Cuando toma la decisión de declarar que un factor es pertinente para la obtención de un resultado, está formulando una hipótesis que se denomina “hipótesis factorial”.

En aquellos casos en los que una hipótesis factorial no está sustentada por investigaciones anteriores, actúa como “hipótesis auxiliar”. En otros casos, la

Las características de toda ciencia...

experiencia previa aconseja tomar en cuenta determinado factor que podría alterar el resultado de una investigación. En este caso, la hipótesis factorial tiene las características de las “hipótesis subsidiarias” que hemos mencionado anteriormente.

En todo diseño experimental debe tomarse la decisión de agrupar todos los factores posibles que puedan intervenir (incluyendo los que no se han efectivamente constatado) para formar un conjunto finito que se llama “hipótesis factorial maximal” que se separa de un conjunto infinito de factores no pertinentes. De esta manera, el investigador intenta investigar las características de una cierta entidad A y las de otra B para decidir si A es o no la causa de B manteniendo como parámetros los factores $P_1, P_2, \dots, P_n$. En muchos casos, la hipótesis que provoca el resultado negativo de una contrastación es una hipótesis factorial, que no es detectada porque el investigador no la incluyó en su lista por no considerarla pertinente.

Otro tipo de hipótesis auxiliares que tiene cierta analogía con las factoriales es la que supone la existencia o no de algún cuerpo, sustancia o individuo que puede cambiar las condiciones en que se efectúa el ensayo. Un ejemplo de este tipo lo constituye la existencia de impurezas en alguna de las sustancias que se intentan hacer reaccionar y que aún en concentraciones mínimas pueden inhibir el proceso.

Quizás uno de los ejemplos que demuestran lo que hemos llamado “versión compleja” del método hipotético deductivo lo constituya el geocentrismo. Esta teoría fue compilada por Claudio Ptolomeo, alrededor del año 150 d.C., quien escribió una monumental obra con características de una enciclopedia de Astronomía. Pero, a medida que se intensificaba y extendía la observación astronómica iban surgiendo nuevas diferencias entre los datos obtenidos de las observaciones y los valores predichos por la teoría. Para poder explicar, esas “anomalías”, los astrónomos árabes le fueron introduciendo nuevos epiciclos a los cuerpos celestes, modificando los deferentes y hasta introduciendo un nuevo tipo de movimiento llamado “ecuatorial” que era una combinación de un movimiento deferente variable alrededor de la Tierra, pero no con centro en ella y epiciclos. Las nuevas observaciones astronómicas, más las modificaciones introducidas a las anteriores, realizadas con mayor precisión, más las descripciones de los eclipses, más los estudios sobre las llamadas “estrellas fijas”, más los tratados de geometría y trigonometría astronómicas, más los detalles de la construcción de instrumentos y observatorios astronómicos, fueron los responsables de la extensión a trece volúmenes que llegó a alcanzar el *Almagesto*.

La concepción geocéntrica fue prácticamente indiscutida hasta principios del siglo XVI a pesar de que las predicciones sobre la posición de los cuerpos celestes o las descripciones de sus trayectorias a menudo fallaban. Para corregir esas fallas los astrónomos ptolemaicos recurrían a agregar nuevos epiciclos y deferentes a la manera de hipótesis *ad hoc*.

La teoría heliocéntrica fue teniendo aceptación, especialmente a partir de la aparición de una supernova en 1572 que brilló enormemente durante 18 meses y a partir de las observaciones de Galileo quien encontró que las lunas de Júpiter orbitaban alrededor de ese planeta y no alrededor de la Tierra. Sin embargo, los partidarios del geocentrismo seguían insistiendo en que la Tierra era el centro del Universo (por lo que había un origen de coordenadas universal) a la vez que refutaban al heliocentrismo mediante el resultado negativo de la determinación del ángulo de paralaje.

Cuando en 1838, el ángulo de paralaje estelar pudo ser detectado, la teoría geocéntrica entró decididamente en decadencia, pero tuvieron que transcurrir más de 1600 años para que fuera descartada. Hoy el mundo en general acepta el heliocentrismo, exceptuando algunos astrónomos musulmanes, como Fadhel Al-Said quienes, basándose sobre lo que establece el Corán siguen sosteniendo que el Sol gira alrededor de la Tierra.

Resumiendo, en la versión simple se supone que una teoría científica es un conjunto de hipótesis que puede ser comparado, mediante relaciones deductivas, con lo que muestra la base empírica. Si no hay concordancia, la teoría debe descartarse. A lo largo de la historia de la ciencia, el abandono continuo de teorías equivocadas es lo que provoca el progreso científico. En tanto no se produzca una refutación la teoría se mantiene corroborada. Pero no deja de ser una teoría provisoria ya que en algún momento alguna contrastación la refutará.

En cambio, el método hipotético deductivo en versión compleja concibe a una teoría científica como formando parte, según el contexto y las circunstancias, de una red de hipótesis vinculadas con el material de trabajo, con teorías presupuestas y con observaciones que pueden ponerse en duda y ser responsables de las refutaciones. En el caso de no existir concordancia entre lo que predice la teoría específica y los resultados experimentales, el método propone examinar las distintas hipótesis y observaciones presentes en la contrastación y tratar de encontrar qué dato de la base empírica o qué hipótesis son los responsables del resultado negativo. De este modo, una teoría no se abandona porque presenta refutaciones, ya que la responsabilidad podría recaer sobre hipótesis ajenas a ella o sobre las observaciones.

Además, una teoría descartada en cierto momento puede volver a ser aceptada por la comunidad científica si se ponen en tela de juicio los datos que han servido para refutarla o las hipótesis auxiliares que han intervenido en la refutación.

2.16.- Distintos tipos de base empírica.

Muchos epistemólogos sostienen que hay varios tipos de base empírica:

Las características de toda ciencia...

- Base empírica filosófica
- Base empírica epistemológica
- Base empírica metodológica.

La gnoseología es una de las ramas más importantes de la filosofía y se ocupa de todos aquellos aspectos que hacen al conocimiento humano y en ese campo se discuten temas como la justificación de nuestra creencia en el mundo exterior, en la psiquis, en que existen objetos físicos, etc. Esos temas están fuera del campo de la Epistemología. Mientras que un filósofo puede cuestionar la existencia real de sustancias como el ácido sulfúrico o el hierro, el epistemólogo las acepta sin cuestionamientos y se limita a analizar diversos aspectos de la interacción entre ellas.

Si bien en el campo de la filosofía puede haber entidades cuya existencia real es discutible, hay otros objetos sobre cuya existencia hay consenso. El conjunto de todos aquellos datos (en el sentido dado más arriba) que son indubitables para la comunidad filosófica, constituyen la llamada “base empírica filosófica”.

2.17.- La base empírica epistemológica.

Hay datos de la base empírica que la mayoría de las personas obtienen de la vida cotidiana y conceptualizan mediante el lenguaje ordinario. Esos datos, son reinterpretados por los científicos quienes los vinculan a entidades de la zona teórica a fin de explicar las regularidades que se producen durante determinados cambios o para justificar nuestras creencias. El conjunto de todos los datos de la vida cotidiana que los científicos estudian constituye la llamada “base empírica epistemológica”

2.18.- La base empírica metodológica.

El desarrollo de la ciencia suele ir acompañado de nuevos instrumentos de observación. Aceptar los datos que nos proporciona un instrumento implica, a su vez, aceptar una teoría acerca del mismo. Una bacteria no es perceptible a ojo desnudo y, en ese sentido, no sería un objeto directo. Pero si la observamos mediante un microscopio, podríamos describir diversas características de la misma. Esto implica aceptar, tácitamente, la teoría del microscopio y considerar que el instrumento no modifica la naturaleza y propiedades del objeto observado, sino que sólo magnifica su imagen. En el caso de emplear un microscopio electrónico, la teoría del instrumento es bastante más complicada, pero su aceptación convierte al ente en estudio en un dato de la base empírica.

El conjunto de datos disponibles, que pueden ser captados a través de instrumentos, cuyas teorías son aceptadas por la comunidad científica, constituye la llamada “base empírica metodológica”.

2.19.- La observación en sentido amplio.

En la mayoría de los casos, la observación científica es observación en “sentido amplio”. Con ello queremos decir que la actividad empírica de los científicos siempre pre- supone implícitamente un marco teórico constituido por todas aquellas teorías ya aceptadas por la comunidad científica y que en el momento de la investigación se consideran fuera de discusión. Algo similar ocurre en la vida cotidiana. Decimos que observamos una mesa, aunque en una teoría rigurosa de la percepción deberíamos admitir que lo que vemos en realidad es un rectángulo unido a cuatro barras, una en cada vértice. Pero ante nuestra descripción minuciosa nadie dudaría que estemos observando una mesa.

La observación de objetos puede ser casual o deliberada. Los atributos cualitativos o cuantitativos que detectamos mediante esa observación constituyen los datos. Los datos constituyen parte de la base empírica. Ya hemos dicho que cuando la observación es provocada hablamos de “experimento”. En los experimentos, el control y la sistematización son más eficientes, aunque éstos no son requisitos indispensables ni condiciones necesarias para que un experimento adquiera carácter científico

Desde un punto de vista filosófico o epistemológico, el conocimiento de lo que en nuestra experiencia cotidiana llamamos objetos físicos se infiere a partir de datos perceptibles. En el mismo sentido, en ciencia, los datos de la base empírica metodológica son inferidos a partir de los datos de la base empírica epistemológica. Es muy justificable, por tanto, que se emplee la palabra observación en sentido amplio: en términos metodológicos, el científico habla de observaciones y datos, aunque no formule las distinciones correspondientes, pues lo hace en el mismo sentido en que lo hacemos nosotros cuando afirmamos observar mesas, libros, automóviles, células u otros objetos físicos.

No todas las observaciones son científicas. Para que una observación pueda ser calificada como científica la misma debe cumplir ciertos requisitos.

Los requisitos que debe reunir una observación científica son: ´

- La “efectividad”. La verdad o falsedad de la observación debe establecerse en un número finito de pasos.
- La “repetibilidad”. Los datos que importan a la ciencia deben tener la posibilidad de ser repetidos.

Las características de toda ciencia...

- La “intersubjetividad”. Si bien un dato puede provenir de un único captador, en principio debe ser posible que todo dato sea observado por más de un observador. La objetividad de los datos radica en el hecho de que distintas personas lo pueden registrar y cotejar su resultado con los obtenidos por otros observadores.

2.20.- Clases de términos presupuestos.

Los términos presupuestos se suelen clasificar en:

- Términos lógicos
- Términos designativos
- Términos específicos

Entre los términos lógicos se incluyen palabras o grupos de vocablos cuyo objetivo es ayudar a formar la sintaxis de los enunciados, lo que permite entender el alcance y la intención informativa de los mismos. Entre ellos se incluyen cuantificadores universales como “todos”, “ninguno”, “siempre”, “nunca”, etc., cuantificadores existenciales como “algún”, “algunos”, “existe al menos uno”, etc., conjunciones, como “y”, disyunciones como “o” y otros que derivan de la Lógica.

Los términos presupuestos designativos cumplen con la función referencial. Sirven para aludir a algún tipo de entidad: un objeto, una cualidad, una relación, una operación matemática, etc. Otros términos designativos provienen del lenguaje ordinario. Palabras como “maleable”, “azul”, “fluido”, etc., tienen sentido tanto en las conversaciones usuales como en el lenguaje científico y sirven para designar características de los datos en estudio.

Es muy frecuente que, en investigaciones realizadas en el seno de una disciplina, aparezcan constantemente términos presupuestos designativos científicos que provienen de otra disciplina. Así, en ciencias como la Biología se emplean términos designativos que provienen de la Física o de la Química.

En el transcurso de ciertas investigaciones científicas, y en particular cuando se introducen teorías novedosas, se establecen ideas que carecen de precedente histórico. Por ello, suele ser necesario introducir un vocabulario especial específico de la nueva teoría. Esos términos específicos adquieren su significado mediante una definición precisa o un procedimiento detallado. Tal sería el caso del llamado “número de oxidación” de un elemento en una sustancia, cuya determinación se obtiene mediante un conjunto de reglas muy precisas. La característica de los términos presupuestos técnicos es que tienen un significado preciso en el contexto de la ciencia en el cual se establecen y que difieren sustancialmente de los significados que pueden tener en otras disciplinas, aunque sean afines. En algunos casos no son designativos y actúan como términos

auxiliares para la comprensión de ciertas teorías, aunque sin llegar a ser considerados “términos lógicos”.

2.21.- Modelos.

Generalmente, las teorías se estructuran buscando analogías entre lo que se estudia y un sistema modelo estudiado anteriormente. Cuando las regularidades en el comportamiento del objeto de la investigación y el modelo han sido estudiadas a fondo y cuando existe similitud entre ambos, pueden transferirse toda la experiencia y los conocimientos acumulados acerca del sistema modelo conocido para intentar una explicación coherente del sistema que se investiga.

En 1911, Hans Geiger y Ernest Mardsen, — dos asistentes de Ernst Rutherford (1871– 1937) — bombardearon una delgada lámina de oro con partículas observando que un pequeñísimo porcentaje de ellas rebotaban. Rutherford graficaría ese resultado diciendo “era como dispararle con un revolver a una hoja de papel y que la bala rebote”. Eso le permitió suponer que toda la carga positiva del átomo estaba concentrada en una pequeñísima zona y que los electrones se movían, a distancias considerables alrededor de esa carga, compensando la atracción electrostática con la fuerza centrífuga asociada a su movimiento. Rutherford comparó el movimiento de los electrones alrededor de un núcleo cargado positivamente con el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Dos años más tarde, Niels Bohr usó ese “modelo planetario” para encontrar una ecuación que daba los niveles de energía del átomo de hidrógeno coincidentes con los valores que se obtienen a partir del espectro de emisión del hidrógeno atómico.

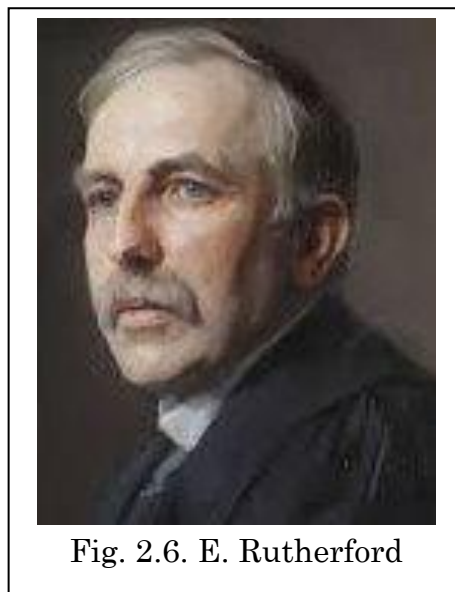


Fig. 2.6. E. Rutherford

2.22.- El lenguaje científico.

Uno de los factores primordiales en el desarrollo de una ciencia lo constituye el uso apropiado del lenguaje para la comunicación de leyes, descubrimientos, hipótesis, etc. Si una idea se expresa de manera confusa difícilmente se la entienda con claridad; por otra parte, la ambigüedad le resta fuerzas a la argumentación y, en muchos casos, un exceso de palabras puede diluir una idea fundamental.

Las características de toda ciencia...

En todas la Ciencias Naturales se utilizan ciertos términos no definidos tales como tiempo, espacio, sustancia, etc. a los cuales se accede de manera intuitiva. Tales términos se suelen llamar *conceptos primarios*. Otros términos son susceptibles de *definiciones conceptuales*, es decir estableciendo el género próximo y la diferencia específica, así por ejemplo se define oxácido como un ácido que contiene oxígeno. Por último, existe conceptos que se definen mediante una operación, por ejemplo, la densidad de un cuerpo se define como la relación entre su masa y el volumen que ocupa. Estas definiciones se llaman *operacionales*.

Cada Ciencia Natural emplea un lenguaje que le es propio y en el que, exceptuando los términos no definidos, cada palabra tiene un significado preciso y cada concepto una definición unívoca.

2.23.- La expresión de las regularidades.

La manera en que se presenta una idea depende, en cierto modo, de su finalidad y del tipo de información disponible. Cuanto más precisa en la exposición de una regularidad tanto más valiosa resulta. La expresión de una generalización puede efectuarse de varias maneras:

- *Cualitativamente*, cuando se enuncian los efectos producidos por una causa dada bajo las condiciones fijadas.
- *Cuantitativamente*, cuando se indican además los resultados de la medición de esos efectos.
- *Gráficamente*, cuando se utilizan diagramas apropiados para la expresión cuantitativa.
- *Matemáticamente*, cuando la expresión cuantitativa viene dada por una ecuación matemática.

De entre todas estas, es la última la que suministra una información más precisa, aunque para el estudiante sea a veces la más difícil de comprender debido a su carácter eminentemente abstracto.

2.24.- Algunos contraejemplos del método científico.

Ya hemos mencionado que Paul Feyerabend expresó que el mejor método en Ciencia es “Todo vale” y la historia de la ciencia nos da muchos ejemplos de que se puede hacer adelantos en la ciencia a partir de descubrimientos obtenidos por azar o por un error de

operación¹. Un ejemplo de ello es el descubrimiento del método para vulcanizar el caucho. Este material se obtiene del látex, que es el exudado del árbol *Hevea brasiliensis*. Las propiedades físicas del caucho son muy sensibles a los cambios de temperatura, especialmente su elasticidad. En 1839, Charles Goodyear hacía ya unos cinco años que estaba buscando algún material que mantuviera la elasticidad del caucho con poca variación a pesar de los cambios de temperatura. Un día, había colocado un recipiente con látex sobre una estufa y su torpeza le hizo volcar un poco de azufre en polvo sobre ese recipiente. El contacto del azufre con el látex alteró las propiedades del caucho formado, en el que el coeficiente de elasticidad variaba muy poco con la temperatura. El material se endureció sin perder la elasticidad y se volvió impermeable más resistente al ataque químico. Goodyear llamó a ese proceso “vulcanización”, en referencia a Vulcano, el dios griego de fuego, ya que por el fuego donde se estaba calentando el látex, logró obtener las propiedades buscadas del caucho. Charles Goodyear no tuvo nada que ver con la empresa Goodyear Tire and Rubber Company, que se convirtió en la más grande del mundo en la producción de neumáticos para vehículos y que usó su apellido para promocionarse. Recién en 1843, Charles Goodyear patentó su invento en USA cuando dos años antes Thomas Hancock, lo había patentado en Gran Bretaña. Goodyear falleció en 1860 con deudas por más de u\$s 200.000.

Otro caso en el que un accidente provocó un descubrimiento muy importante para las aplicaciones de la Ciencia ocurrió a principios de la década del 1940. La Segunda Guerra Mundial arrasaba Europa, el Norte de África y buena parte del continente asiático. Los mares y los océanos eran prácticamente intransitables, aún para los barcos de carga. En los laboratorios Raytheon de los EE.UU. los científicos devanaban sus sesos para perfeccionar un instrumento de detección llamado “radar”⁸.

Básicamente, un radar consiste en un emisor de radiaciones electromagnéticas, similares a la de la luz, pero de una frecuencia tal, que no son visibles. Esas radiaciones al impactar sobre un cuerpo sólido de determinadas características y consistencia se reflejan en él y al “rebotar” son capturadas por el mismo aparato, el que posee un dispositivo adecuado que permite detectar la



Fig. 2.7. Radar.

⁷ Un libro muy interesante en el que se describen descubrimientos obtenidos por azar o por errores de operación, es **Roberts, Royston, M. (1991): *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la Ciencia***, Alianza Editorial. San Blas-Canillejas, 28027. Madrid.

⁸ Sigla de “radio detection and ranging” (detección por ondas de radio y localización a distancia),

Las características de toda ciencia...

posición y la distancia a la cual se halla el cuerpo que reflejó la radiación.

El problema que se les planteaba a los científicos de Raytheon era encontrar una banda de frecuencias óptima de tales radiaciones. En efecto, se requería emitir radiaciones de un determinado intervalo de frecuencias que pudieran atravesar brumas, nieblas y nubes pero que no fueran absorbidas por los cuerpos que se deseaban detectar y que, además, se reflejasen eficazmente.



Fig. 2.8. P. Le Baron Spencer

Cuando estaban ensayando con radiaciones de la llamada “banda de microondas”, que son ondas de frecuencias menores que la luz visible pero mayores que las ondas de radio, a Percy LeBaron Spencer, (1894 – 1970) uno de los experimentadores, se le produjo un pequeño accidente: se le derritió el chocolatín que llevaba bien guardado en uno de los bolsillos de su pantalón.

A un hombre común, la ocurrencia de un hecho anormal como ese le podría haber provocado desde indiferencia hasta contrariedad o enojo, pero para un científico este hecho era algo más que un inconveniente molesto, era un fenómeno que contradecía la “doxa”, es decir, la experiencia cotidiana. ¿Cómo podía haberse derretido el chocolatín, en pleno invierno, si la temperatura ambiente era lo suficientemente fría, como para que mantuviese su consistencia?

Si bien los científicos del laboratorio continuaron con sus investigaciones sobre el radar, el accidente del chocolatín motivó que se iniciase una línea de trabajo para averiguar sus causas. Para ello presentaron un protocolo de investigación en el que se planteaba la *hipótesis* de que las microondas podrían alterar la temperatura de ciertos materiales y de otros no, diseñándose un programa de investigación consistente en una serie de experimentos destinados a corroborarla. El protocolo fue evaluado por las autoridades de la empresa y, luego de analizar la factibilidad del programa y las posibles conveniencias de su aprovechamiento económico, fue aprobado asignándosele un presupuesto adecuado.

En el desarrollo del proyecto hubo experimentos exitosos y otros frustrantes, marchas y contramarchas de acuerdo con lo que revelaban los ensayos. Un resumen de las principales etapas de esa investigación se podría sintetizar de la siguiente manera:

La *observación* había demostrado que el chocolatín perdía su consistencia cuando el emisor de microondas estaba en funcionamiento, aun cuando la temperatura ambiente permanecía constante. Utilizando termómetros apropiados se observó que la tempera-

tura del chocolatín aumentaba cuando era irradiado. Sin embargo, el recipiente que lo contenía — una cápsula de porcelana — no variaba sensiblemente su temperatura.

En la etapa de la *experimentación cualitativa* se probó irradiar distintos materiales con microondas, encontrándose que aquellos que, como los alimentos, contienen agua aumentaban su temperatura, mientras que los que no contienen agua — como los productos cerámicos, vidrios, materiales plásticos, etc., — no lo hacían.

Comprobado el efecto de las microondas sobre los materiales que contienen agua, comenzó la *experimentación cuantitativa*. Se ensayaron distintas frecuencias entre los 1000 y los 10000 MHz encontrándose un resultado óptimo con un haz, cuyo valor central fuera de 2450 MHz. Algunas de las radiaciones de frecuencias mayores eran absorbidas en mayor o menor grado por materiales anhidros, los que incrementaban su temperatura. Las radiaciones de frecuencias menores que este valor no tenían, prácticamente, ningún efecto sobre los materiales que contenían agua.

Como resultado de múltiples experimentos pudo llegarse a la siguiente conclusión: “El agua incrementa su temperatura cuando es irradiada con microondas cuyo valor central es 2450 MHz”. Esto es, simplemente, una *generalización empírica*.

Para intentar explicar el fenómeno se han planteado varias *hipótesis*. La más aceptada, hoy en día es que la energía asociada a la radiación de esta frecuencia es absorbida por las moléculas de agua, las que comienzan a vibrar y parte de esa energía, producida por la vibración, es la que produce el incremento de la temperatura del material que contiene agua. Esta hipótesis se encuadra dentro de una *teoría* llamada “mecánica cuántica” que postula que las moléculas no pueden absorber energía de cualquier valor, sino que, de acuerdo con su naturaleza, absorben energía de determinados valores, vinculadas a sus frecuencias de vibración.

Para “explicar” el comportamiento, se puede recurrir al siguiente *modelo*: se asimilan las radiaciones a millones de pelotitas moviéndose dentro del horno. Cada una de ellas transporta la energía adecuada para hacer vibrar a una molécula de agua. Las pelotitas que no chocan con moléculas rebotan contra las paredes metálicas de la caja de cocción con un choque elástico perfecto lo que posibilita nuevos choques efectivos con las moléculas de agua. Si las pelotitas son demasiado chicas — en nuestro caso radiaciones de baja energía — el choque no es lo suficientemente “fuerte” como para producir la vibración de las moléculas. Si son demasiado grandes — como serían las que corresponderían a los rayos infrarrojos — los choques que impactan sobre las paredes del horno le transmiten parte de su energía. Como consecuencia los choques dejan de ser elásticos y además las paredes se calientan.

El estudio de cómo llevar a la práctica los descubrimientos científicos, es tema de la *Tecnología*. En este caso se plantearon dos problemas: el diseño del generador de

Las características de toda ciencia...

microondas y el de un dispositivo que permitiera concentrar las radiaciones impidiendo que escapen del recinto en el cual se irradian.

El generador de energía de microondas se llama *magnetron* y es el corazón del equipo: es un dispositivo que, ayudado por un transformador, eleva la tensión de línea de 220 volts unas diez veces. Mediante un circuito de capacitor y diodo, la corriente se transforma y rectifica convirtiéndose en un haz de electrones que se mueven por acción de una diferencia de potencial mayor a los 4.000 voltios. Cuando estos “rayos catódicos” atraviesan un campo magnético formado por dos imanes, generan energía en forma de microondas.

La radiación de microondas queda contenida en un recinto de alambre tejido, llamado *jaula de Faraday*, que, tiene por efecto lograr que el campo electromagnético en su interior sea nulo y que, en este caso particular, está formado por la caja de cocción. Como las microondas no atraviesan superficies metálicas, sino que se reflejan en ellas, la caja metálica que conforma el horno impide que la radiación escape. Si se la observa detenidamente, se nota que inclusive el panel a través del cual se puede ver su interior mientras funciona, está compuesto por una chapa metálica con gran cantidad de pequeños orificios de dimensiones tales que impiden la fuga de radiaciones desviándolas hacia el interior.

Una de las normas de seguridad que se adoptan internacionalmente consiste en que todo horno a microondas desconecta su magnetron automáticamente cuando se abre la puerta, con lo que la radiación cae inmediatamente a cero. Por lo tanto, es falso que alguien, tratando de secarse el cabello, se haya irradiado el cerebro al introducir la cabeza dentro de un horno a microondas. Es imposible que el horno funcione con la puerta abierta, a menos que el usuario desarme el horno y teniendo grandes conocimientos de electrónica realice una serie de conexiones externas (también es imposible que se corte la cabeza y él mismo la introduzca en el horno, cierre la puerta y lo haga funcionar). Al ser abierta la puerta, el horno automáticamente se desconecta.

Las continuas *innovaciones tecnológicas* han ido produciendo mejoras en los hornos a microondas.

En la actualidad hay equipos con y sin plato giratorio: son dos formas distintas de lograr el mismo objetivo, dispersar la radiación de la manera más pareja posible para que la cocción del alimento sea uniforme.

Hay una variedad muy amplia de hornos a microondas domésticos. Las diferencias entre ellos pasan por la calidad y por las funciones y prestaciones que pueden dar.

Además de los de uso doméstico hay otros dos grandes grupos: los hornos industriales y los comerciales.

Los hornos industriales son de uso continuo y se emplean en la pasteurización y conservación de distintos productos líquidos o sólidos (pastas, leche, etc.) y también son utilizados en el tratamiento de residuos hospitalarios para su homologación como basura libre de peligros.

Los equipos de uso comercial están pensados para su utilización intensiva: son los que se ven en los fast-foods o en algunas casas de comidas o restaurantes de cierta magnitud en los que se los emplea tanto para cocinar como para calentar alimentos ya pre- parados.

El desarrollo completo del proyecto demoró más de cinco años. La fabricación de estos aparatos comenzó en el año 1948 y la producción recién cobró relevancia en la década de 1970, cuando realmente empezó a verse una evolución importante de su utilización en todo el mundo.

La contribución de Spencer al invento del microondas fue premiada en los Estados Unidos y llevó a Raytheon a nombrarlo Vicepresidente de la Compañía. Actualmente, el objeto principal de esa empresa ya no es la fabricación de hornos sino la provisión al Pentágono de radares y de todo tipo de misiles.

De esta manera, un hecho casual, observado científicamente dio lugar a un invento tendiente a mejorar la calidad de vida de la gente. No fue obra de un genio ni de un iluminado, sino el esfuerzo mancomunado de físicos, químicos, ingenieros en distintas especialidades, técnicos, etc. que siguiendo un programa de investigación lo suficientemente flexible y versátil llegaron a un resultado exitoso.

2.25.- Resumen.

Podemos sintetizar el concepto de ciencia, diciendo que es una disciplina que basada sobre un conjunto de enunciados que se suponen verdaderos “*a priori*” trata de darle una interpretación teórica a las generalizaciones empíricas que se encuentran experimentalmente, en un cierto campo de la realidad, a la vez que permiten inferir nuevas generalizaciones que deberán ser corroboradas experimentalmente. Esos enunciados son aceptados por la gran mayoría de las personas que se dedica a esa especialidad y son modificados o anulados cuando un resultado experimental los contradice.

Otra de las características distintivas de una ciencia es el uso de un lenguaje que le es propio y en el cual hay términos cuyos significados pueden implicar conceptos muy distintos si son expresados en el contexto de otra disciplina.

Las características de toda ciencia...

Las distintas ciencias, se ocupan de estudiar las regularidades que presentan ciertos objetos que estudian esas ciencias. Muchos objetos son reales y son observables a simple vista. En otros casos, sólo pueden detectarse mediante instrumentos, — lupas, microscopios, telescopios, etc. En estos casos, al emplearlos, el científico acepta implícitamente, la teoría explicativa del funcionamiento del instrumento. Es así que las entidades que se detectan mediante el ojo desnudo o mediante instrumentos apropiados se denominan “entidades empíricas, mientras aquellas que surgen de propuestas teóricas, cómo los ángulos, las raíces cuadradas, el minuto, etc., se llaman “entidades teóricas”. Obviamente, no todo objeto que estudia una disciplina se puede captar directamente mediante los sentidos o utilizando instrumentos. Ni el subconsciente, ni los cromosomas, ni los cuantos de energía o la estructura del lenguaje poseen esa característica. A estos objetos se los podría denominar, provisoriamente, “objetos indirectos”. La importancia, tanto de los objetos directos como de los indirectos, es que, muchas veces, suelen permitir encontrar regularidades en sus cambios, esas regularidades se suelen llamar, en forma genérica, “*leyes naturales*”.

Hay una enorme cantidad de entidades, cualidades y relaciones a las que no podemos acceder mediante nuestros sentidos, pero que pueden estar relacionadas con cualidades, entidades o relaciones observables y eso es lo que nos permite vincularlas a ellas. Dado que sólo podemos tomar conocimiento de ellas en forma indirecta, no las podemos clasificar como entidades observables y como el conocimiento se logra asignándole alguna propiedad teórica al ente intermediario hace más adecuado clasificarlas como “entidades teóricas”.

Un primer problema que se presenta es el relacionado con la utilización de instrumental para la detección (u observación en sentido amplio) de ciertas entidades. Cuando medimos la presión arterial de un paciente, no observamos (en sentido estricto) el valor de tal presión sino la lectura de un valor en la escala del tensiómetro. Como sabemos la forma en que el tensiómetro interactúa con la presión arterial y aceptamos que ha sido diseñado de manera que las indicaciones de la aguja corresponden a los distintos valores de la tensión arterial, decimos de forma abreviada que “observamos” el valor de la tensión arterial. Este caso es totalmente aceptable y todos coincidiremos en que podemos clasificar a la presión arterial como una entidad observable luego de haber aceptado la teoría que da cuenta de cómo funciona el tensiómetro.

Tal teoría aceptada constituye en este caso lo que llamamos “carga teórica” de la observación. Diremos que la presión arterial es una entidad observable con carga teórica. Por supuesto también podríamos mantenernos fieles a una clasificación estricta en la que la presión arterial sea una entidad teórica y la entidad observable sea la marca indicada por la aguja del tensiómetro.

2.26.- Bibliografía.

Bar-Hillel, Y, Bunge, M., Mostowski, A., Piaget, J., Salam, A., Tonal, L. y Watanabe, S., (1983): *El pensamiento científico. Conceptos, avances, métodos.* Ed. Tecnos- Unesco. Madrid.

Chalmers, A.F., (1988): *Qué es esa cosa llamada ciencia.* Siglo XXI Editores. Buenos Aires.

Klimovsky, G., (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6^a. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J., (1994): 2. *La estructura del conocimiento científico.* 2^a Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

Popper, K.R., (1991): *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico.* 3^a reimpresión. Ediciones Paidós. Barcelona.

Roberts, R. M., (1991): *Serendipia. Descubrimientos accidentales en la Ciencia,* Alianza Editorial. San Blas-Canillejas, 28027. Madrid.

III.- LOS ENUNCIADOS CIENTÍFICOS.

3.1.- Enunciados e información científica.

El conocimiento científico se expresa a través del lenguaje. Todas las informaciones y conocimientos que se transmiten mediante el lenguaje científico deben expresarse empleando oraciones “declarativas”, llamadas así para distinguirlas de las “interrogativas” y “exclamativas”, destinadas respectivamente a requerir informaciones o a expresar ciertos estados de ánimo.

De acuerdo con la naturaleza de los términos que se incluyen en las oraciones declarativas, los enunciados científicos se clasifican en empíricos y teóricos. A su vez, cada uno de estos tipos admite diversas clases según que las informaciones que suministran sean singulares o generales o al rango de validez que tienen esas informaciones.

3.2.- Enunciados de primer nivel.

Los enunciados de primer nivel, también llamados “enunciados empíricos básicos”¹, además de usar un vocabulario lógico se caracterizan por dos condiciones:

- Todos los términos que en ellos figuran son empíricos, ya sea que provengan del lenguaje ordinario, del científico presupuesto o que sean términos específicos de la teoría a la cual se refieren.
- Deben ser singulares o muestrales², es decir deben referirse a una sola entidad o a un conjunto finito y accesible de ellas.

Son ejemplos de enunciados de primer nivel, expresiones como “Esta barra mide 2,34 m” o “El 25% de los alumnos del curso de Álgebra II del Departamento de Física son varones”.

¹ Es preferible llamarlos “enunciados de primer nivel” ya que el adjetivo “básicos” puede llevar a la creencia de que son fundamentales.

² Por definición, una muestra es finita y accesible.

La combinación de dos enunciados de primer nivel forma también un enunciado de primer nivel. Por ejemplo, la combinación de “la viga forma un ángulo de 87° con la pared lateral” y “la columna que la soporta mide $2,40\text{ m}$ ” es también un enunciado de primer nivel.

Estos enunciados tienen la ventaja de que, mediante observaciones oportunas, puede dirimirse si son verdaderos o falsos. En algunos casos puede haber impedimentos o perturbaciones que obstaculicen la observación (por ejemplo, que haya un corte de energía eléctrica que impida iluminar un objeto) pero, en principio, salvo en tales casos ocasionales, la verdad o falsedad de los enunciados empíricos básicos es decidible. En esto radica su importancia para el conocimiento científico ya que, considerados como problema para el conocimiento, constituyen cuestiones resolubles. Lamentablemente, la ciencia no puede tomar en cuenta únicamente este tipo de enunciados, precisamente por sus condiciones de singularidad, finitud y efectividad. Las leyes científicas tienen que ser expresadas mediante enunciados generales, no singulares, generalizaciones que abarcan una cantidad de casos que van más allá de las muestras y, por supuesto, mucho más allá de la singularidad de cada caso por separado.

El registro de observaciones o los informes de experimentos en una investigación científica constituyen una lista de enunciados empíricos básicos, siempre y cuando no incluyan aspectos interpretativos. Si un informe dice, por ejemplo, que en una solución de ácido bromomalónico y sulfato de cerio (III), el indicador ferroína viró del rojo al azul, esta afirmación constituiría un enunciado de primer nivel. Pero si el informe dice “la ferroína viró del rojo al azul debido a un cambio en el número de oxidación del catión cerio (III)”, aunque sea singular, este enunciado no es de primer nivel pues presupone una interpretación que se evidencia por el término teórico “número de oxidación”. En general, estos enunciados empíricos básicos se emplean cuando hay que registrar o comunicar una casuística. Sirven para intentar formular generalizaciones que se emplean en las llamadas “leyes científicas”. Pero estas últimas no son enunciados de primer nivel.

3.3.- Generalizaciones y leyes empíricas.

Los enunciados de segundo nivel son expresiones que formulan "generalizaciones empíricas". También éstas se caracterizan por dos condiciones. Al igual que en el caso de los enunciados empíricos básicos, el vocabulario de estos enunciados de segundo nivel es lógico y empírico, y por tanto el discurso atañe exclusivamente a la base empírica. No aparecen en ellos entidades inobservables, de carácter teórico. Pero la segunda condición establece la diferencia con los enunciados de primer nivel: ya no se trata ahora de afirmaciones singulares, sino de afirmaciones generales que establecen regularidades, uniformidades, en conjuntos tan amplios que no son directamente accesibles, como si lo

Las características de toda ciencia...

eran las muestras. Se trata de enunciados empíricos generales, tales como “Todos los metales son conductores de la electricidad” o “El 8,1 % de los habitantes de la Argentina en condiciones de trabajar se encuentran desocupados”. Se suele emplear la expresión “leyes empíricas” para denotar a los enunciados empíricos generales aceptados por los científicos como conocimiento válido ya que son considerados leyes que expresan regularidades de la naturaleza, del comportamiento humano, de las sociedades y, en general, de la realidad. Por supuesto, la aceptación de tales enunciados por la comunidad científica implica que previamente han sido sometidos con éxito a determinadas pruebas o verificaciones.

Hay dos acepciones principales de la palabra “ley”. Una es ontológica y se refiere a las cosas o entidades, la otra es lingüística y está vinculada a los enunciados o expresiones que utiliza el científico.

En sentido ontológico, una ley (o “ley natural”) indica una regularidad presente en la realidad misma. La llamada “Ley de Boyle – Mariotte” es ontológica ya que se refiere a lo que sucede con las cosas mismas, en este caso al comportamiento de los gases bajo determinadas condiciones. En cambio, en sentido lingüístico una “ley” designa un “enunciado” que expresa, o pretende expresar, alguna regularidad natural. Podría decirse que una ley en sentido lingüístico es la expresión de una ley en sentido ontológico.

Se suele hacer una distinción entre “generalizaciones accidentales” y “leyes naturales propiamente dichas”. Si, por ejemplo, se comprueba que todos los jugadores de un equipo de fútbol de primera división tienen menos de 25 años, se suele decir que esta generalización es accidental en el sentido de que no permite afirmar que todos los jugadores de fútbol de todos los equipos de primera división tienen menos de 25 años. Sin embargo, no hay consenso para establecer los requisitos para diferenciar una generalización accidental de una ley natural”. Valga el siguiente ejemplo: “Todos los habitantes de la Provincia de Mendoza miden menos de 2,10 m”. Para un antropólogo que estudia las características del habitante de esa provincia, esa afirmación tiene el carácter de ley, mientras que para un colega que estudie las características del habitante del país puede ser sólo una generalización accidental.

Tanto las generalizaciones accidentales como las leyes naturales pueden ser utilizadas para elaborar hipótesis o teorías, por lo que conviene usar ambas expresiones como sinónimo de generalización o regularidad.

3.4.- Generalizaciones universales.

Hay muchas clases de generalizaciones. Los enunciados generales se refieren a una población o un género, sin excepción. Pero cuando se habla de leyes, tradicionalmente

se presupone que se trata de generalizaciones universales, enunciados que afirman algo para cada uno de los miembros de un conjunto o una población sin excepción alguna. "Todos los cuerpos al estado gaseoso carecen de volumen propio y forma propia y tienden a ocupar el volumen del recipiente que los contiene" es una generalización universal, pues lo que se quiere decir es que, para cada caso de un cuerpo al estado gaseoso, se corroborará su carencia de forma propia y volumen propio. Si decimos que los cuerpos se atraen con una fuerza que es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias que los separan, hacemos una afirmación válida para todo cuerpo, sin que haya ningún caso a manera de contraejemplo. Esta generalidad absoluta, que no admite excepciones, parece estar ligada intrínsecamente al significado de la palabra "ley". En estos casos hablaremos de "enunciados universales" y, si corresponde, de "leyes universales". Para muchos filósofos de la ciencia, la palabra "ley" sólo puede ser aplicada a esta clase de enunciados.

Se pueden emplear enunciados universales a modo de hipótesis, pero probar su verdad o falsedad no siempre se logra fácilmente y de inmediato. En muchos casos, tales enunciados se expresan a modo de conjetura y considerarlos como "ley" será provisional, en tanto no se demuestre su falsedad.

El conjunto de entidades a los que se refiere un enunciado universal está constituido por una enorme cantidad de entidades que pueden presentar la característica que expresa ese enunciado. En muchísimos casos, esa cantidad es infinita. De modo que verificar la validez de un enunciado universal implicaría analizar caso por caso para comprobar que en cada uno de ellos se cumple la característica que describe el enunciado. Esa tarea es harto difícil si no imposible. De modo que resulta difícil, si no imposible, verificar enunciados universales y, por lo tanto, leyes científicas. Esta dificultad o imposibilidad, plantea uno de los más importantes problemas de la epistemología: si es difícil o imposible verificar los enunciados que tienen la pretensión de convertirse en leyes científicas, ¿cuál es el fundamento de lo que llamamos conocimiento científico, del cual ponderamos sus éxitos espectaculares y la importancia que tienen para las sociedades modernas?

Por su propia universalidad estos enunciados presentan una asimetría notable para su verificación o refutación. Mientras que es prácticamente imposible verificarlos, para probar la falsedad de una ley universal basta mostrar un contraejemplo, o sea, encontrar un caso particular entre aquellos que abarca el enunciado, para el cual la propiedad afirmada con carácter general no se cumple. El ejemplo típico lo constituyó la afirmación "todos los cisnes son blancos" que implicaba que todos los cisnes, conocidos y desconocidos, que hubo en la antigüedad, que hay en el presente y que habrá en el futuro son blancos. Bastó con que, en 1697, Willem de Vlamingh descubriese en Tasmania la existencia de un cisne negro para que el enunciado dejase de tener carácter universal.

3.5.- Generalizaciones existenciales.

Un segundo tipo de enunciados generales son los llamados "existenciales". Son de un carácter aparentemente más modesto que los enunciados universales, pues en lugar de afirmar que una propiedad o característica se cumple para todos los miembros de un conjunto o de una población, lo hacen acerca de algunos de ellos (sin excluir la posibilidad de que se cumpla para todos). Como se comprende, hay cierta diferencia entre decir "Todos los casos de linfoma no Hodgkin se curan con Rituxan³³" que decir "Algunos casos de linfoma no Hodgkin se curan con Rituxan". Este tipo de enunciados parecen estar más próximo a los enunciados empíricos básicos que a los enunciados universales. Pero tienen el mérito de que, frecuentemente, motivan investigaciones dando lugar a nuevos enunciados existenciales que amplían el número de casos en los que la generalización existencial es válida. Por ejemplo, "El número de casos de linfoma no Hodgkin que se curan con una combinación de Rituxan e interleuquina 2, es mayor que el número de casos que se curan usando solamente Rituxan".

En el caso de los enunciados existenciales, también se presenta una asimetría como la comentada para los enunciados universales. Pero, a la inversa, resulta sencillo verificar un enunciado existencial pero difícil refutarlo. Para verificarlo basta hallar un solo ejemplo apropiado: si encontramos un enfermo con linfoma no Hodgkin que se cura con Rituxan, quedará probado que algunos enfermos se curan con ese anticuerpo. La dificultad radica en refutar el enunciado existencial, porque se debería aplicar Rituxan a todos los enfermos con linfoma no Hodgkin y comprobar que ninguno se cura.

Algunos epistemólogos, como Karl Popper y sus seguidores, sostienen que el término "ley" sólo debe aplicarse para los enunciados universales y niegan su uso para los enunciados existenciales. En cambio, otros sostienen que los enunciados existenciales cumplen un papel tan importante en las teorías científicas que no objetan el uso de la palabra "ley" y distinguen explícitamente entre leyes universales y leyes existenciales.

3.6.- Generalizaciones mixtas.

Algunos epistemólogos proponen la existencia de enunciados generales de segundo nivel a los que llamas "generalizaciones mixtas". Mientras que los enunciados universales son imposibles de verificar y los existenciales son imposibles de refutar, los enunciados mixtos son a la vez imposibles de verificar y de refutar. Se trata de enunciados que tienen un aspecto universal pero además otro existencial, como por

³ Rituxan es la marca comercial de un anticuerpo monoclonal que se une a las proteínas en la superficie de los linfocitos B. Esta unión estimula al sistema inmunológico a atacar y a eliminar a las células B cancerosas.

ejemplo "todos los hombres son mortales". En efecto, se trata de un enunciado universal: dice que para todo hombre se cumple la característica que el enunciado afirma. Esto es imposible ya que para hacerlo habría que comprobar que toda la población humana, la presente y la futura, es mortal. Tampoco es posible refutarla en tanto hay hombres que todavía no han muerto y es imposible probar que son inmortales.

3.7.- Generalizaciones estadísticas o probabilísticas.

Un cuarto tipo de enunciado general lo constituyen los "enunciados estadísticos" o "probabilísticos", donde se le adjudica a una población, que puede ser infinita o finita pero no accesible, una proporción estadística. En algunos casos, esa proporción se expresa mediante porcentajes. En otros casos, mediante números probabilísticos. Por ejemplo "la probabilidad de que el espín electrónico de un átomo de hidrógeno, en su estado fundamental y en ausencia de campo magnético, sea $+\frac{1}{2}$ es 0,50. Este tipo de enunciados considera a todos los átomos de hidrógeno del Universo y le adscribe un número probabilístico.

Los enunciados probabilísticos son difíciles de verificar y de refutar ya que de lo único que se suele disponer para controlar este tipo de enunciados son las proporciones en las muestras y no en los conjuntos totales.

Algunos epistemólogos consideran que los enunciados probabilísticos no tienen el carácter de leyes. Otros, especialmente los que se ocupan de las ciencias sociales, les adjudican el carácter de leyes ya que son la fuente principal de información de las regularidades en las poblaciones lo que permite el desarrollo de esas disciplinas.

3.8.- Enunciados de tercer nivel (enunciados teóricos).

Los enunciados de tercer nivel o "enunciados teóricos" se caracterizan por tener, al menos, un término teórico. Pueden ser singulares o generales.

Cuando en Física se afirma que el impacto de un cuanto de luz ultravioleta sobre una placa de cadmio provoca la emisión de un electrón, esa afirmación es un enunciado teórico, ya que "cuanto" y "electrón" son términos del vocabulario teórico.

Se suele diferenciar entre enunciados teóricos "puros" y enunciados teóricos "mixtos". En los primeros, además de los términos lógicos, sólo figuran términos teóricos. Cuando Dalton afirmó que "los átomos se combinan en proporciones numéricas sencillas" expresó un enunciado teórico puro, dado el carácter inobservable de los átomos. En cambio, "en 18,0 gramos de agua hay el número de Avogadro de moléculas" es un enunciado

Las características de toda ciencia...

teórico mixto, ya que 18,0 g de agua es un dato de la base empírica y “molécula” es un término teórico.

Si se formula una teoría constituida únicamente por enunciados teóricos puros, no sería posible deducir de ellos nada aplicable a la experiencia, por lo que sería imposible efectuar predicciones acerca de lo que puede suceder en la base empírica. Por ello, para que una teoría sea útil para describir, explicar y/o predecir alguna porción de la base empírica, es imprescindible que contenga enunciados teóricos mixtos. Estos enunciados se suelen llamar “enunciados puente” ya que vinculan conceptos puramente teóricos de una disciplina con lo observable localizado en la base empírica. También se los suelen llamar “reglas de correspondencia”

3.9.- ¿Cómo acceder a los enunciados de segundo y tercer nivel?

A partir de los enunciados empíricos de primer nivel se suelen formular generalizaciones empíricas ya sean estrictas o estadísticas. Ese proceso se denomina “inducción” y el método que se aplica se llama “método inductivo”. Pero resulta que las generalizaciones así obtenidas se refieren exclusivamente a observables, es decir, a entidades de la base empírica. El proceso de inducción no permite alcanzar formulaciones de enunciados de tercer nivel ya que en ellos se incluyen términos “teóricos” que son inobservables para alcanzar un enunciado de tercer nivel, el científico imagina qué puede haber más allá de lo observable que explique el comportamiento de lo observado y propone una generalización que sólo es producto de su imaginación. Se dice que hace un “salto creativo” y elabora una hipótesis sobre comportamiento y propiedades inobservables que justifiquen los resultados empíricos.

Para alcanzar un enunciado de tercer nivel, el científico imagina qué puede existir, más allá de lo observable, algo que explique el comportamiento de lo observado y propone una generalización que sólo es producto de su imaginación. Se dice que hace un “salto creativo” y elabora una hipótesis sobre comportamiento y propiedades inobservables que justifiquen los resultados empíricos. Ya hemos mencionado que dos colaboradores de Ernest Rutherford, Hans Geiger y Ernest Madsen, bombardearon una delgada lámina de oro con un haz de partículas alfa. La gran mayoría de esas partículas atravesaban la lámina sin desviarse e impactaban sobre una pantalla de sulfuro de cinc y que un pequeño porcentaje de ellas rebotaba. Se sabía que



Fig. 3.1. H. Geiger E. Madsen

las partículas alfa tienen carga positiva y ese rebote les hizo pensar en un modelo de átomo. Que la mayoría de las partículas alfa atravesaban la lámina de oro sin desviarse significaba que pasaban lejos de los electrones y que algunas rebotasen significaba que impactaban sobre un punto de alta concentración de protones. A semejanza del sistema planetario, elaboraron un modelo en el cual la carga eléctrica positiva de los protones estaba concentrada en un punto y que los electrones orbitaban alrededor de ese “núcleo” de carga positiva, girando a distancias considerables del mismo, contrarrestando la atracción electrostática con la fuerza centrífuga.

El átomo, su núcleo, sus electrones son inobservables, pero mediante un salto creativo los investigadores pudieron formular una hipótesis que permitiera explicar el comportamiento subyacente a los enunciados de segundo nivel.

Obviamente, en la propuesta de hipótesis intervienen las facultades racionales. La estructura hipotética es imaginaria, pero debe garantizar que mediante deducciones lógicas se explique no sólo un enunciado de segundo nivel, sino que, además, todas las consecuencias que se pueden derivar de la hipótesis por un camino lógico puedan ser susceptibles de ser corroboradas mediante la experimentación.

3.10.- Bibliografía.

Bar-Hillel, Y, Bunge, M., Mostowski, A., Piaget, J., Salam, A., Tonal, L. y Watanabe, S. (1983): *El pensamiento científico. Conceptos, avances, métodos.* Ed. Tecnos- Unesco. Madrid.

Chalmers, A.F. (1988): *Qué es esa cosa llamada ciencia.* Siglo XXI Editores. Buenos Aires.

Klimovsky, G. (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J. (1994): *La estructura del conocimiento científico.* 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

IV.- LÓGICA.

4.1.- Lógica Proposicional.

La lógica proposicional es la más antigua y simple de las formas de lógica. Utilizando una forma primitiva del lenguaje, permite representar y manipular aserciones sobre el mundo que nos rodea. La lógica proposicional permite el razonamiento, a través de un mecanismo que primero evalúa sentencias simples y luego sentencias complejas, formadas mediante el uso de conectivas proposicionales, por ejemplo Y (AND), O (OR). Este mecanismo determina la veracidad de una sentencia compleja, analizando los valores de veracidad asignados a las sentencias simples que la conforman.

Una proposición es una sentencia simple que tiene un valor asociado, ya sea de verdadero (V), o falso (F). Por ejemplo:

Hoy es viernes Ayer llovió

Sopla viento desde el Oeste

La lógica proposicional, permite la asignación de un valor verdadero o falso para la sentencia completa, pero no puede analizar las palabras individuales que componen la sentencia.

Las proposiciones pueden combinarse para expresar conceptos más complejos. Por ejemplo:

Hoy es viernes y sopla viento desde el Oeste.

A la proposición anterior dada como ejemplo, se la denomina *fórmula bien formada* (que se abrevia “*fbf*” en castellano o *wff* de *well-formed formula*, en inglés). Una fórmula bien formada puede ser una proposición simple o compuesta que tiene sentido completo y cuyo valor de veracidad, puede ser determinado. La lógica proposicional proporciona un mecanismo para asignar valores de veracidad a la proposición compuesta, basado en los valores de veracidad de las proposiciones simples y en la naturaleza de los conectores lógicos involucrados.

Las conectivas básicas de la lógica proposicional, se dan en la Tabla 4.1. Las tablas de verdad para las operaciones básicas se muestran en la Tabla 4.2.

NOMBRE	CONECTOR	SÍMBOLO
Conjunción	y (AND)	$\wedge$
Disyunción	o (OR)	$\vee$
Negación	no (NOT)	$\sim$
Implicación	Si – entonces (If-Then)	$\rightarrow$
Equivalencia	igual	$=$

Tabla4.1. Conectivas básicas de la lógica proposicional.

p	q	Disyunción $p \vee q$	Conjunción $p \wedge q$	Negación $\sim p$	Implicación $p \rightarrow q$	Equivalencia $p = q$
V	V	V	V	F	V	V
V	F	V	F	F	F	F
F	V	V	F	V	V	F
F	F	F	F	V	V	V

Tabla 4.2. Tablas de verdad para operadores lógicos.

La conectiva de implicación, puede ser considerada como un condicional expresado de la siguiente forma:

Si $A \rightarrow B$ va a ser verdadero,

entonces, toda vez que A sea verdadero, B debe ser siempre verdadero.

Para los casos en los cuales A es falso, la expresión $A \rightarrow B$, es siempre verdadera, independientemente de los valores lógicos que tome B , ya que el operador de implicación no puede hacer inferencias acerca de los valores de B .

Existen varias equivalencias en lógica proposicional, similares a las del álgebra Booleana. Estas se dan en la Tabla4.3.

DENOMINACIÓN	REPRESENTACIÓN LÓGICA
Leyes Equipotenciales	$A \rightarrow B = \sim A \vee B$ $A \wedge \sim A = F$ $A \vee \sim A = V$
Leyes Conmutativas	$A \wedge B = B \wedge A$ $A \vee B = B \vee A$
Leyes Distributivas	$A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$ $A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C)$
Leyes Asociativas	$A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge (A \wedge C)$
Leyes Absortivas	$A \wedge (A \vee B) = A$ $A \vee (A \wedge B) = A$
Leyes de DeMorgan	$\sim (A \wedge B) = \sim A \vee \sim B$ $\sim (A \vee B) = \sim A \wedge \sim B$

Tabla4.3. Equivalencias en lógica proposicional.

4.2.- Los enunciados o proposiciones lógicas.

¿Qué es un enunciado lógico?

Una *proposición* o *enunciado* es el significado de cualquier frase declarativa (o enunciativa) que pueda ser o verdadera (V) o falsa (F). Nos referimos a V o a F como los valores de verdad del enunciado.

Ejemplo 1: Las proposiciones

- La frase “ $1 = 1$ ” es un enunciado, puesto que puede ser verdadero o falso. Como resulta que es un enunciado verdadero, su valor de verdad es V.
- La frase “ $1 = 0$ ” también es un enunciado, pero su valor de verdad es F.
- “Lloverá mañana” es una proposición. Para conocer su valor de verdad habrá que esperar hasta mañana.
- El siguiente enunciado podría salir de la boca de un enfermo mental: “Si soy Napoleón, entonces no soy Napoleón”. Este enunciado, como veremos más adelante, equivale al enunciado “No soy Napoleón”. Como el hablante no es Napoleón, es un enunciado verdadero.

- “Haz los ejercicios de lógica” no es un enunciado, puesto que no se le puede asignar ningún valor de verdad (Está en modo imperativo, es una orden, y no una frase declarativa)
- “Haz el amor y no la guerra” tampoco es un enunciado, puesto que no se le puede asignar ningún valor de verdad (También está en modo imperativo, es una orden, y no una frase declarativa)
- “El perro” no es una proposición, puesto que no es ni siquiera una frase completa (al menos en este contexto).

4.3.- Los enunciados como resultado de los juicios.

El acto mental que tiene como resultado una proposición o enunciado se denomina juicio (sustantivo, del verbo enjuiciar). *La expresión verbal de un juicio es un enunciado.* Los seres humanos realizamos un juicio cada vez que pensamos que algo *es* alguna otra cosa (a lo que llamamos *afirmación*), y también cuando pensamos que algo *no es* otra cosa (a lo que llamamos *negación*). En consonancia con lo que decíamos al principio, enjuiciar consiste en afirmar o negar.

Si uno piensa que la Economía es una ciencia exacta, entonces está ejecutando un juicio. Si expresa verbalmente este juicio, lo hace en forma de un enunciado o proposición: Sea la proposición “La Economía es una ciencia exacta”. El *juicio* es el proceso mental que lleva a la conclusión que la Economía es una ciencia exacta y la *proposición* es la oración que se construye para expresar dicho pensamiento.

Los enunciados *son diferentes de las oraciones que los contienen*. Así, “Juan ama a María” expresa exactamente la misma proposición que “María es amada por Juan”. En los enunciados lo esencial es el *significado* de la frase enunciativa. Se pueden construir los mismos enunciados con frases diferentes.

De manera análoga, la proposición “*Hoy llueve aquí*” se puede utilizar para transmitir diferentes proposiciones, dependiendo del lugar y del momento en que se encuentre la persona que profiera dicho enunciado (“*El 15 de agosto de 2008 llueve en Córdoba*”, “*El 11 de julio de 2007 llueve en Bariloche*”, etc.). En este caso, el momento y el lugar hacen cambiar el *significado* del enunciado, de manera que su valor de verdad depende de estas circunstancias.

Pero, cada proposición es o bien verdadera o bien falsa. En algunas ocasiones, por supuesto, no conocemos cuál de estos valores de verdad (verdadero o falso) es el que tiene una determinada proposición, (por ej. “*Hay vida inteligente fuera del planeta Tierra*”) pero podemos estar seguros de que tiene o uno u otro.

4.4.- Práctica sobre los enunciados.

Teniendo presente lo que acabamos de comentar sobre lo que es y no es un enunciado o proposición, marque las respuestas correctas a las siguientes preguntas

El sol no es un astro	es una proposición con valor de verdad V	
	es una proposición con valor de verdad F	
	no es una proposición	
El lago de los cisnes	es una proposición con valor de verdad V	
	es una proposición con valor de verdad F	
	no es una proposición	
$6 + 4 = 9$	es una proposición con valor de verdad V	
	es una proposición con valor de verdad F	
	no es una proposición	

La importancia de los enunciados o proposiciones radica en que son las unidades que utiliza la lógica para formar argumentos.

4.5.- Argumentos e inferencia.

La principal tarea de la Lógica es la de averiguar cómo la verdad de una determinada proposición está conectada con la verdad de otra. En Lógica habitualmente se trabaja con grupos de proposiciones relacionadas.

Un *argumento* es un conjunto de dos o más proposiciones relacionadas unas con las otras de tal manera que las proposiciones llamadas '*premisas*' se supone que dan soporte a la proposición denominada '*conclusión*'.

La transición desde las premisas hasta la conclusión, es decir, la *conexión lógica entre las premisas y la conclusión* es la *inferencia* sobre la que descansa el argumento.

4.5.1.- Los argumentos

Veamos con un ejemplo de argumento que aparece de una u otra manera en todos los libros de introducción a la Lógica:

- (1) Si Sócrates es humano, entonces es mortal
- (2) Sócrates es humano
- (3) Por lo tanto, Sócrates es mortal

En este ejemplo las dos primeras proposiciones funcionan como premisas, mientras que la proposición tercera es la conclusión.

Las palabras “*premisa*” y “*conclusión*” se definen aquí sólo por medio de *la relación que hay entre ellas* dentro de un argumento concreto. Una misma proposición puede aparecer como conclusión de un argumento en una parte de razonamiento, pero también como una de las premisas en otra parte posterior del mismo razonamiento. En nuestro ejemplo, nada impide que nuestra conclusión “Sócrates es mortal” puede utilizarse como premisa para otro argumento.

4.5.2.- La inferencia.

Hay un cierto número de expresiones verbales del lenguaje cotidiano que marcan o indican si una determinada proposición funciona como premisa o como conclusión (por ejemplo, la expresión “*por lo tanto*”, suele ir seguida de la conclusión). Sin embargo, el uso de estos marcadores lingüísticos no es estrictamente necesario, ya que el contexto puede aclarar la dirección del movimiento desde las premisas hasta la conclusión. Lo que distingue a un argumento de una mera colección de proposiciones es la *inferencia* que se supone que las une.

Veamos esta idea con un par de ejemplos. Si yo profiero “*Daniela es cirujana y el sol brilla, aunque la Basílica de Luján es gótica*” lo único que tenemos es un conjunto de proposiciones que no tienen ninguna relación entre ellas en el sentido de que la verdad o falsedad de cada una de ella no tiene que ver con la verdad o falsedad de las demás. Sin embargo, si yo digo: “*Daniela es cirujana, por lo que Daniela ha estudiado Medicina, ya que todos los cirujanos han estudiado Medicina*”, estoy empleando un argumento perfectamente válido en el que la verdad de la conclusión “*Daniela ha estudiado Medicina*” se deriva inferencialmente de las premisas “*Daniela es cirujana*” y “*Todos los cirujanos han estudiado Medicina*”.

4.6.- Identificación de argumentos

Es importante aprender a distinguir a los argumentos de meros grupos de proposiciones que no cumplen con los requisitos necesarios para hablar de argumentos. Recordemos que los argumentos consisten en grupos de proposiciones en los que hay

algunos que actúan como *premisas* que, en virtud de la *inferencia* lógica, justifican otra proposición que llamamos *conclusión*.

Para decidir si estamos ante un argumento o no, simplemente apelaremos al sentido común y a un sencillo análisis del texto sobre el que hayamos de decidir, centrándonos en los siguientes aspectos:

1. El texto, ¿tiene una conclusión? Si es así, ¿cuál es?
2. El texto ¿ofrece razones que apoyen la conclusión?, es decir, ¿hay premisas? Si es así ¿cuáles son?
3. El texto ¿presume que hay una relación inferencial entre premisas y conclusiones?

4.7.- Presunción de facticidad y presunción de inferencia.

Quien presenta un argumento está formulando (explícita o implícitamente) dos presunciones acerca de dicho argumento. Una es la “presunción de facticidad”, es decir, *da por sentado (asume) que las premisas que se proporcionan son, de hecho, verdaderas*. La segunda presunción es la “presunción de inferencia”, que *asume que las premisas están conectadas con la conclusión de tal forma que la fundamentan, que le dan apoyo*. De hecho, esta relación inferencial entre premisas y conclusión es el núcleo de la Lógica y la analizaremos de distintas maneras y desde diferentes ángulos.

Siempre que tratamos de convencer a alguien de algo argumentando ponemos en juego estas dos presunciones: la de *facticidad* para reclamar la relevancia real del asunto tratado en las premisas, y la de *inferencia* para mostrar la conexión entre las premisas y la conclusión. Por tanto, para decidir si estamos ante un argumento o no, debemos identificar se están presentes de manera adecuada tanto la presunción de facticidad como la de inferencia.

4.7.1.- Si no es un argumento, ¿qué es?

Advertencias	No se proporcionan razones (no hay premisas). Predomina la función apelativa y conativa.	Alcánzame los libros que están sobre la mesa y apaga el velador
--------------	--	---

Enunciación de una creencia u opinión	No se proporciona un fundamento sólido, real para tal creencia u opinión. Aunque puede que exista la pretensión de que se reconozca tal creencia u opinión como verdadera, no hay un desarrollo sistemático de premisas-inferencia-conclusión en apoyo de lo enunciado.	Como bajó la presión atmosférica, puede ser que llueva
Proposiciones vagamente relacionadas	Las proposiciones no están conectadas por relación inferencial alguna.	Einstein obtuvo el Premio Nobel en 1921 y el Universo es un espacio no euclidiano
Informes	Son simples enumeraciones de hechos, del tipo que aparecen en las noticias de los periódicos. No hay intención de probar nada, simplemente, se proporciona información sobre los hechos.	El dólar cotiza a 3,90\$ y el Presidente pronunció un discurso en Salta.
Ilustración	Simplemente se ofrecen ejemplos de algo.	Beethoven compuso 32 sonatas y la primera dura 23 minutos.
Enunciados condicionales	Son enunciados con la estructura “Si... entonces...” Los enunciados condicionales no son argumentos en sí mismos, pero los argumentos con frecuencia se componen de varias proposiciones de este tipo. Lo que sigue al “si...” se denomina “ <i>antecedente</i> ” (es decir la condición), y lo que sigue al “ <i>entonces...</i> ” es el “ <i>consecuente</i> ” (es decir lo que sucede cuando se cumple la condición).	Si fuera verano estaría en la playa
Explicaciones	Consiste en una aclaración de por qué algo es el caso. Una explicación a veces es difícil de distinguir de un argumento porque también involucra razones (similares a las premisas). Pero, a diferencia de los argumentos, donde la conclusión es “nueva” información, en una explicación el enunciado que es explicado (el <i>explanandum</i> , la parte que parece la conclusión) es normalmente un hecho comúnmente aceptado. El <i>explanans</i> (los enunciados que sirven para aclarar, que pueden ser similares a las premisas) es la nueva información de una explicación, mientras que las premisas son los hechos aceptados en los argumentos. <i>En los argumentos se busca fundamentar información nueva a partir de información ya aceptada, mientras que en las explicaciones se busca aclarar información ya bien establecida.</i>	Io es una Luna de Júpiter. Como Júpiter es un planeta del sistema Solar, Io pertenece al Sistema Solar.

Un buen método para determinar si una porción de discurso (hablado o escrito) no es un argumento, es identificar qué es entonces. A continuación, ofrecemos una lista de posibles alternativas cuando en una porción de discurso no encontramos premisas, conclusión o relación inferencial lógica entre ambas.

4.8.- Lógica formal y lógica material.

Tradicionalmente se considera que las dos ramas principales de la lógica son la llamada *lógica formal* (o *lógica menor*) y la *lógica material* (o *lógica mayor*). En realidad, la lógica formal y la lógica material tratan sobre problemas bastante diferentes, aunque relacionados.

Esta distinción entre lógica material y lógica formal es análoga a la distinción que se puede hacer entre los materiales con los que está construido un puente, por un lado, y la estructura o disposición de dichos materiales, por otro. Si esta estructura o disposición de los materiales es defectuosa, el puente se vendrá abajo, por buenos que sean los materiales. Por otra parte, aunque la estructura diseñada por los ingenieros sea impecable, si los materiales empleados son de mala calidad tarde o temprano el puente también se vendrá abajo.

La *lógica material* se preocupa del *contenido* de la argumentación. Trata de dirimir la *verdad* de los términos y proposiciones de un argumento.

Por su parte, la *lógica formal* está interesada en la *forma* o *estructura* de los razonamientos. La verdad de las premisas y de las conclusiones es una preocupación secundaria para esta rama de la lógica. La *lógica formal trata de encontrar el método correcto para derivar una verdad a partir de otra*. Digamos que la verdad de los enunciados que componen los argumentos es algo que se da por supuesto, algo de lo que se parte. Lo que le interesa a la lógica formal es asegurar que el paso de las premisas a la conclusión esté bien fundamentado.

Hay autores que hablan también de la *lógica informal*, como opuesta a la formal. La diferencia estaría en que, mientras que la *lógica formal* estudia la estructura de los razonamientos prescindiendo de los contenidos a que hacen alusión, la lógica informal (también llamada *pragmática lógica*) estudiaría los *modos correctos de razonar teniendo en cuenta los distintos contextos de diálogo y las diversas cuestiones tratadas en ellos*.

Es importante recordar que, *atendiendo a su forma o estructura*, los razonamientos pueden ser *válidos* o *inválidos*, mientras que, *atendiendo a su materia o contenido*, son *verdaderos* o *falsos*.

El proceso por el cual en un argumento se pasa de las premisas a la conclusión se denomina *inferencia*. Ciertas expresiones del lenguaje, los nexos derivativos o inferenciales, pueden servir para indicar la presencia de una inferencia en un determinado pasaje de un texto. Algunas de estas expresiones, – los indicadores de premisas – suelen introducir las premisas del argumento y otras, – los indicadores de conclusión – la conclusión del argumento. Las siguientes dos listas enumeran algunos de esos indicadores:

Indicadores de conclusión

por lo tanto

por consiguiente, se sigue que

se infiere que

ergo

podemos concluir que

Indicadores de premisas

dado que

porque (en algunos usos) pues

puede inferirse de

4.9.- Verdad, validez y solidez.

Antes de continuar con nuestra exposición, es preciso hacer algunas aclaraciones terminológicas sobre los términos “verdad” (*adecuación material de los enunciados*), “validez” (*corrección formal de los argumentos*) y “sólidez” (*corrección formal unida a adecuación material*).

4.9.1. Verdad

El concepto de verdad es uno de los más controvertidos de la Filosofía, pero limitaremos nuestra discusión al contexto de una modesta exposición didáctica de la

Lógica de enunciados. En este contexto, diremos que un enunciado (o una proposición) es verdadero, cuando hay una correspondencia entre la realidad y el enunciado. Recuérdese que los enunciados o proposiciones se definen como el significado de oraciones declarativas que pueden ser verdaderas o falsas.

Muchas veces, determinar el valor de verdad de un enunciado es sencillo: si se afirma “*Esta mesa es de madera*”, lo normal es que cuente con los medios para establecer su verdad o falsedad. Si se afirma que “*Napoleón viajó a Egipto en enero de 1800*”, “*Los protones se componen de electrones y neutrones*”, estas proposiciones requieren recurrir a métodos más complejos para averiguar su verdad o falsedad. La Lógica deductiva no se preocupa por establecer los medios que permiten conocer el valor de verdad de las proposiciones (para ello ya están las ciencias físicas, históricas, biológicas, etc. según sea la naturaleza de los enunciados).

Lo que debemos recordar en lo sucesivo es que

Sólo los enunciados son verdaderos o falsos. Los argumentos no son ni verdaderos ni falsos, sino que son válidos o inválidos.

4.9.2.- Validez.

La Lógica se ocupa principalmente de establecer una clara *distinción entre razonamientos válidos y razonamientos inválidos*. Los razonamientos *válidos* son aquellos en los que la inferencia entre las premisas y la conclusión es perfecta. Por lo tanto, lo esencial para determinar si un argumento es o no válido es analizar su forma o estructura (independientemente de su contenido material). A continuación, proporcionamos tres formas equivalentes de establecer este criterio de validez:

- Si las premisas de un argumento válido son verdaderas, entonces su conclusión también es verdadera.
- Es imposible que la conclusión de un argumento válido sea falsa siendo sus premisas verdaderas.
- En un argumento válido, la verdad de las premisas es incompatible con la falsedad de la conclusión.

En este contexto también consideraremos que *las premisas, en tanto que conjuntos de proposiciones, son verdaderas sólo cuando todas y cada una de ellas sean verdaderas, y que son falsas cuando al menos una de ellas sea falsa*.

Cuando un argumento no es válido, entonces es *inválido*; en este caso es posible que la conclusión sea falsa, aunque las premisas sean verdaderas. Incluso puede ocurrir que

en un argumento inválido (en el que la inferencia es incorrecta) las premisas sean verdaderas y la conclusión sea verdadera o falsa.

La validez de la inferencia de un argumento deductivo es independiente de la verdad de sus premisas, por lo que sólo podemos garantizar la verdad de la conclusión haciendo una inferencia válida a partir de premisas verdaderas.

Una buena manera de comprender esta noción de validez consiste en analizar un argumento que esté compuesto de premisas y conclusión falsas, pero que sin embargo resulte intuitivamente válido o correcto;

Ejemplo (1)

Si la presión disminuye entonces aumenta la temperatura ambiente.

Si la temperatura ambiente aumenta entonces aumenta la densidad del aire. Luego si la presión disminuye entonces aumenta la densidad del aire.

Tanto las premisas como la conclusión son oraciones falsas ya que se sabe que es el aumento de la temperatura el que determina la disminución de la presión y que el aumento de esa temperatura no aumenta la densidad del aire, sino que la disminuye. La conclusión también es falsa ya que es la densidad del aire la que regula la presión. Sin embargo, para alguien que no conoce nada acerca de los fenómenos meteorológicos, este argumento podría parecerle válido o correcto. Lo que sucede es que en realidad se trata de un argumento válido o correcto pese a la falsedad de las oraciones que lo componen. Para comprender por qué se trata de un argumento válido se debe analizar su forma lógica correspondiente.

4.9.2.a.- Esquema, o forma lógica, de un argumento.

Si en el ejemplo (1) se reemplaza la oración “la presión disminuye” por la letra p ; la oración “la temperatura aumenta” por la letra q y la oración “la densidad del aire aumenta” por r , entonces, la primera premisa tendría la forma lógica “Si p entonces q ”; la segunda “si q entonces r ” y la conclusión “si p entonces r ”. La forma lógica o esquema lógico del argumento sería entonces:

Si p entonces q y si q entonces r , luego si p entonces r

cuya validez resulta intuitiva, cualesquiera sean las oraciones que se pongan en el lugar de las letras p , q y r , puesto que se trata del carácter transitivo de la relación condicional “si... entonces...” asiduamente usada en el lenguaje cotidiano. De esto se desprende que puede haber argumentos válidos con premisas y conclusión verdaderas, otros con pre-

misas y conclusión falsas y otros con premisas falsas (todas o al menos una) y conclusión verdadera o falsa. Ejemplos de estos casos pueden obtenerse a partir de la forma del argumento anterior reemplazando las letras p , q y r por oraciones que hagan falsas a ambas premisas o a una sola y a la conclusión también, o que haga falsas a las premisas y verdadera a la conclusión.

Se ha llegado así al concepto formal de argumento válido o correcto: *un argumento es válido si y sólo si su forma lógica es válida*. Y, una forma lógica o esquema de argumento es válido solamente en caso de que, si las premisas son verdaderas, entonces la conclusión es verdadera; en otras palabras, un argumento es válido si no se puede dar el caso de que exista un ejemplo de sustitución de su esquema lógico tal que sus premisas resulten verdaderas y su conclusión falsa. De ahí que, en un razonamiento válido, la conclusión siempre es una *consecuencia lógica* de las premisas. Dicho de otra manera, la conclusión se ha *deducido* de las premisas,

Por el contrario, si un argumento tiene premisas verdaderas y conclusión falsa, necesariamente se seguirá de ello que el argumento es inválido, puesto que hemos definido argumento válido como aquel en el que no se puede dar el caso de que las premisas sean verdaderas y la conclusión falsa.

Para determinar si un argumento es inválido, es suficiente con encontrar un razonamiento con igual forma lógica pero cuyas premisas sean verdaderas y su conclusión sea falsa, es decir, encontrar un *contraejemplo*.

Supongamos que queremos determinar si el siguiente razonamiento es válido:
Ejemplo (2)

Si el peso de la fragata Libertad es menor que el del agua que desaloja entonces la fragata flota.

El peso de la fragata Libertad no es menor que el del agua que desaloja. Luego, la fragata no flota.

Si se reemplaza por p la proposición “el peso de la fragata Libertad es menor que el del agua que desaloja” y por q “la fragata flota”, el razonamiento tendría la forma lógica:

Si p entonces q

no- p

Luego, no- q

Aunque las premisas del argumento sean verdaderas y el razonamiento parezca válido, en realidad no lo es, porque sus premisas son verdaderas y su conclusión es falsa.

La conclusión es falsa ya que la forma de la fragata hace que su *densidad total* sea menor que la del agua y eso le permite flotar, aunque su *peso* no es menor que el del agua que desaloja.¹

Lo dicho vale para cualquier clase de argumento y cualquiera sea el lenguaje en el que se formule.

4.9.3.- Solidez

Algunos lógicos afirman que un argumento es *sólido* cuando es *a la vez formalmente válido y materialmente adecuado* (sus premisas y su conclusión son verdaderas).

4.10.- Inferencias deductivas e inductivas.

La principal preocupación de la Lógica formal es evaluar la fiabilidad de las inferencias, investigar los esquemas de razonamiento que nos llevan desde las premisas a la conclusión en un argumento lógico. Para ello se distinguen dos tipos de inferencia, cada uno de los cuales tiene unas características distintivas y unos criterios de corrección; llamadas *inferencias deductivas* y las *inferencias inductivas*.

4.10.1.- Inferencias deductivas.

Cuando un argumento asegura que la verdad de sus premisas *garantiza* la verdad de su conclusión, se dice que involucra una *inferencia deductiva*. El razonamiento deductivo nos proporciona unos criterios de corrección muy altos. Una inferencia deductiva tiene éxito sólo si sus premisas proporcionan un apoyo tan completo e indudable para la conclusión, que sería completamente inconsistente o absurdo suponer simultáneamente la verdad de las premisas y la falsedad de la conclusión.

Nótese que cualquier argumento que consideremos *o bien cumple con este criterio, o bien no lo cumple*; la validez de las inferencias deductivas es un asunto de *todo o nada*, no hay medias tintas. Algunos argumentos deductivos son perfectos, de modo que, si sus premisas son, de hecho, verdaderas, entonces de ello se sigue que su conclusión también es verdadera, independientemente del contenido material de dicha conclusión. Los demás argumentos deductivos que no cumplan este criterio de corrección son totalmente

¹ En cambio, un argumento *Si p entonces q; no q; entonces no p* (llamado *modus tollendotollens*) es válido.

incorrectos e inútiles —su conclusión puede ser falsa incluso si sus premisas son verdaderas, y ninguna información adicional podría cambiar su incorrección.

Las inferencias deductivas permiten establecer conclusiones seguras porque proceden *de lo general a lo particular*, o desde lo más general a lo menos general, a través de un término medio. Por ejemplo

Todos los argentinos son americanos. Todos los cordobeses son argentinos. Juan es cordobés. Por lo tanto, Juan es americano.

4.10.2.- Inferencias inductivas.

Cuando un argumento asegura únicamente que la verdad de sus premisas hace *más probable* que la conclusión sea verdadera, estamos ante un argumento que involucra una *inferencia inductiva*. El criterio de corrección para los argumentos que se basan en inferencias inductivas es mucho más flexible, menos exigente, que el que se aplica a la deducción. Un argumento inductivo tiene éxito siempre que las premisas proporcionen alguna evidencia que legitime o apoye la verdad de su conclusión. Aunque pueda ser razonable aceptar la verdad de una conclusión sobre una base inductiva, no sería completamente inconsistente suspender el juicio (es decir no pronunciarse sobre la verdad o falsedad de la conclusión) o incluso llegar a negar la verdad de la conclusión (a pesar de la verdad de las premisas). Por ejemplo

Según la encuesta del New York Times, los hispanoparlantes de los EE. UU votarán mayoritariamente a los demócratas. Roberto es un ciudadano americano hispanoparlante. Luego, Roberto votará (probablemente) a los demócratas.

Los argumentos inductivos, por lo tanto, cumplen con su criterio de corrección en un mayor o menor grado, dependiendo de la cantidad y calidad del apoyo que reciban. Ningún argumento inductivo es completamente perfecto o enteramente inútil, aunque se puede elegir cuál de entre varias inducciones es relativamente mejor o peor que otras en el sentido de que se asegure la verdad de la conclusión con un mayor o menor grado de probabilidad. En tales casos, información adicional relevante de algún modo relacionada con el argumento con frecuencia puede afectar a la fiabilidad de un argumento inductivo al proporcionar otra evidencia que cambie nuestra estimación de la probabilidad de la verdad de la conclusión.

Las inferencias inductivas proceden desde lo particular hacia lo general, desde lo menos general hacia lo más general, y no tienen un término medio que conecte firmemente una verdad con otra.

Con esta información cualquiera ya podría diferenciar sin dudar si está delante de un argumento inductivo o deductivo. La información esencial se resume en el siguiente cuadro

	Inferencias deductivas	Inferencias inductivas
¿La verdad de las premisas garantiza la verdad de la conclusión?	Sí o no con certeza absoluta	Sí o no con un mayor o menor grado de probabilidad
La información adicional, ¿puede afectar al grado de corrección del argumento	No	Sí

La clave para saber si se está ante un argumento deductivo es que dicho argumento posee un tipo de inferencia (de relación lógica entre las premisas y la conclusión) tal que o bien garantiza la verdad de la conclusión a partir de la verdad de las premisas, o no la garantiza.

La clave para saber si se está ante un argumento inductivo radica en que dicho argumento posee un tipo de inferencia tal que sólo asegura la verdad de la conclusión a partir de la verdad de las premisas con un cierto grado de probabilidad.

4.11.- Actividad relacionada:

Inferencia deductiva, validez y solidez

Determinar si los siguientes argumentos deductivos son inválidos, válidos o sólidos.

1	La suma de los ángulos interiores de un triángulo siempre es 180° . En un determinado triángulo, el ángulo A mide 90° y el B 30° . Por consiguiente, el ángulo C mide 60°
2	Juan es soltero, casado, viudo o divorciado. Juan no es soltero, ni viudo o divorciado. Por lo tanto, Juan está casado.

3	El oso no es un animal herbívoro, porque los herbívoros se alimentan exclusivamente de plantas, y los osos habitualmente también comen carne.
4	Si el campo magnético de la Tierra desapareciera, entonces el cinturón magnético de Van Allen se destruiría. Si el cinturón magnético de Van Allen se destruye, entonces la Tierra sería bombardeada por intensos rayos cósmicos. En consecuencia, si el campo magnético de la Tierra desapareciera, la Tierra sería bombardeada por intensos rayos cósmicos.
5	Si la Luna está hecha de queso verde, entonces hay ratones en la Luna. Es el caso que la Luna está hecha de queso verde, por lo que hay ratones en la Luna.
6	Si un número es divisible por uno, entonces se dice que dicho número es entero. Como el 8 es divisible por 1, es un número entero.
7	Todos los lógicos son filósofos, y algunos lógicos son profesores. Por consiguiente, algunos filósofos son profesores.
8	Mi cumpleaños es un día antes que el de mi padre. Hoy es mi cumpleaños. Por lo tanto, mañana es el cumpleaños de mi padre.
9	Si un coche ha sido fabricado por Ford, entonces tiene garantía. Los coches Acme no han sido fabricados por Ford. Por lo tanto, los coches Acme no tienen garantía.
10	Mi pueblo está en Córdoba o en Santa Fe. El caso es que mi pueblo no está en Córdoba. Por lo tanto, mi pueblo está en Santa Fe.

En el siguiente cuadro se dan algunos aspectos de los argumentos inductivos y deductivos, que pueden ayudar a diferenciar ambos tipos de inferencia.

4.12.- Actividades relacionadas

Inferencia deductiva o inductiva

Determinar si los siguientes argumentos se basan en inferencias deductivas o inductivas. *(Tener en cuenta que un argumento deductivo inválido sigue siendo deductivo)*

1	Este cajón contiene 100 peras. 75 peras seleccionadas al azar estaban maduras. Por lo tanto, (probablemente) las cien peras están maduras.
2	Si mi equipo favorito gana el partido, gano una apuesta a mi amigo Pepe. Pero mi equipo va perdiendo y faltan cinco minutos para el final. Por lo tanto, probablemente gane la apuesta mi amigo Pepe.
3	El perro no es un animal herbívoro, ya que los herbívoros se alimentan exclusivamente de vegetales y los perros, habitualmente, también comen carne.
4	La última vez que intenté grabar mi trabajo de Lógica en un CD mi computadora tuvo un fallo que me lo impidió. Por lo tanto, la grabadora de CDs de esta computadora debe ser defectuosa.
5	En enero cierran casi todas las tiendas de esta ciudad. Como estamos en enero es seguro que la tienda de la esquina estará cerrada.

6	La mayor parte de las sandías que están maduras suenan a hueco cuando se golpean ligeramente. Es el caso que esta sandía suena a hueco cuando es golpeada ligeramente. Por consiguiente, esta sandía está madura.
7	Todos los traumatólogos son médicos y algunos médicos son docentes. Por consiguiente, algunos traumatólogos son docentes.
8	El cumpleaños de mi padre es un día después de Navidad. Hoy es Nochebuena. Por lo tanto, pasado mañana es el cumpleaños de mi padre.
9	Si saco más de un nueve en el examen de mañana, mis padres me compran la moto. Pero lo más probable es que no pase del siete. Por lo tanto, es casi seguro que mis padres no me comprarán la moto.
10	Mi pueblo está en Jujuy o en Salta. El caso es que mi pueblo no está en Salta. Por lo tanto, mi pueblo está en Jujuy.
11	Todos los cordobeses son americanos y todos los uruguayos son americanos. Por lo tanto, todos los cordobeses son uruguayos.
12	Todos los niños son egoístas. Algunas personas no son egoístas. Luego, algunas personas no son niños.

4.13.- Otras Lógicas.

Además de la lógica proposicional, o de enunciados, que hemos comentado en la que las aserciones se caracterizan por ser verdaderas o falsas y, en su discurso, se relacionan mediante “conectivas” como la negación, la conjunción, la disyunción, etc., existen otras clases de lógica como la *lógica de predicados* que se caracteriza por utilizar cuantificadores universales (“todos”, “ningún”, etc.) y existenciales (“existe algún”, etc.). También se han desarrollado las llamadas “*lógicas modales*” que se caracterizan por emplear *proposiciones modales*, es decir, proposiciones en las cuales intervienen ciertos operadores que introducen cierta modalidad del significado expresando *necesidad* (“es necesario que”), *posibilidad* (“es posible que”), *mandato* (modo imperativo del verbo), *interrogación* (signo de interrogación), *deber* (“se debe”). Todas estas proposiciones son

de empleo común en las múltiples situaciones cognitivas y comunicativas del ser humano.

4.14.- Bibliografía.

Copi, I. M. (1999): *Introducción a la Lógica*. Eudeba. Buenos Aires.

L.T.F. Gamut, (2002): *Introducción a la lógica*. Eudeba. Buenos Aires.

Suppes, P., (1980): *Introducción a la lógica simbólica*. C.E.C.S.A. México.

Hodges, W., (1977): *Logic, an introduction to elementary logic*. Penguin Books, New York.

Gambra, J. M, (2015): *Lógica aristotélica*. Editorial Dykinson. Madrid.

V.- LA EXPLICACIÓN CIENTÍFICA.

5.1.- Introducción.

Si bien los estudios empíricos de la ciencia son relevantes para el epistemólogo, la Epistemología no es un estudio empírico de la ciencia, por lo que los epistemólogos — más allá de estudiar algunos temas vinculados con algunas ramas de la ciencia y su historia — no se dedican a la investigación empírica. No obstante, este tipo de estudio es simplemente un prerrequisito para hablar con conocimiento acerca de la ciencia en general. Además de estudiar los métodos que usan los científicos y validar el conocimiento expresado en las distintas ramas de la ciencia, la Epistemología se ocupa también de la llamada “clarificación conceptual”. En la vida cotidiana, hay términos como verificación, consecuencia, hipótesis, teoría, etc. que se usan con múltiples sentidos. En cambio, los epistemólogos tratan de dar un significado preciso a los términos científicos definiendo su esencia, sus particularidades y los ámbitos en los que se aplican. En ese proceso de clarificación conceptual, una pregunta que suele surgir es “¿Qué es una explicación científica?”, lo que lleva a otra pregunta relativa a la validación del conocimiento: “¿Qué es lo que hace correcta a una explicación científica?” Muchas personas toman la noción de explicación en forma intuitiva, sobre la base de que les resulta “convinciente”. En Epistemología hay una diferencia entre ser capaces de identificar algo como una explicación y ser capaces de expresar mediante términos precisos *qué es* una explicación, es decir, qué es lo que hace a algo una explicación.

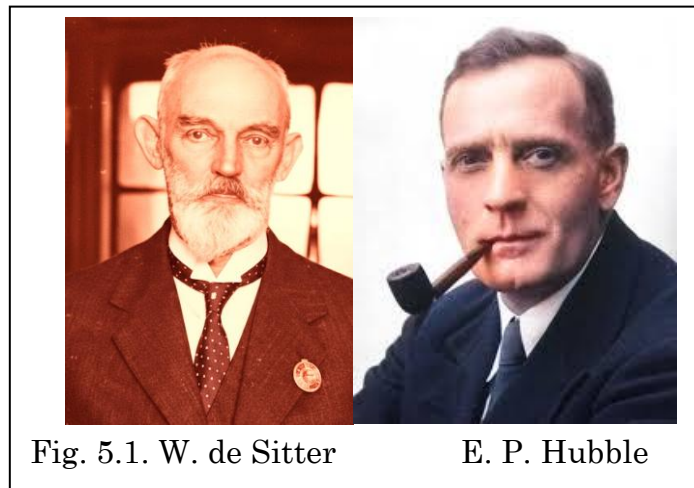
5.2.- La visión inferencial de la explicación científica.

Si bien es difícil separar completamente a la Filosofía de la Ciencia de otros estudios de la ciencia, ya que, de algún modo comparte con ellos sus datos y conclusiones, lo que distingue a la Filosofía de la Ciencia de otros estudios es su enfoque crítico y evaluativo y su discusión sobre el significado de muchos términos que otras disciplinas dan por sentado. Por ejemplo, se ocupa de explicar por qué ciertos métodos de análisis de datos son apropiados. También enfatiza en el análisis conceptual — por ejemplo, explicando

lo que es una “explicación” o, en otras palabras, que significa cuando decimos que una cosa explica a otra. Comenzaremos por examinar la noción de explicación.

5.3.- La diferencia entre explicación y descripción.

Es un lugar común decir que el objeto de la ciencia no es sólo describir las regularidades que se observan de las cosas que nos rodean — lo que, a menudo, se llaman observables o fenómenos empíricos — sino que el objeto es también explicar esos fenómenos. Por ejemplo, hay un fenómeno de “viraje hacia el rojo” en el espectro de las estrellas y galaxias distantes. Los principios físicos que están detrás de ese “viraje al rojo” se explican, a menudo, por analogía con el efecto Doppler, que corresponde al sonido: Cuando un objeto que emite ondas sonoras se aleja de nosotros percibimos un sonido que parece corresponder a ondas de longitudes de onda mayores¹. En 1917 el astrónomo



holandés Willem de Sitter (1872 – 1924) predijo que debería haber una relación entre la distancia de las galaxias lejanas y el “viraje al rojo” aunque su predicción no fue unánimemente aceptada hasta 1929 en que el astrónomo estadounidense Edwin Powell Hubble (1889 – 1953) constató que las galaxias lejanas se están alejando de nuestro sistema solar.

Otro ejemplo: hay una reversión periódica en la trayectoria aparente de Marte. Esto fue predicho de manera puramente matemática, basándose en observaciones pasadas, pero las predicciones no explicaban por qué ocurría la reversión. Lo que se necesitó fue una teoría del sistema solar que propusiera cómo era el movimiento de los planetas para producir el movimiento aparente que se observaba.

Otro ejemplo fue expresado por Carl Gustav Hempel: cuando se introduce un termómetro en un líquido caliente el aumento del nivel del mercurio en su interior es precedido por una baja inicial de ese nivel, (ya que el contacto del termómetro con un cuerpo que está a una temperatura mayor provoca la dilatación del vidrio, por lo que el capilar que contiene al mercurio también se dilata y hace descender la altura de la columna mercurial).

¹ También hay una derivación de la teoría general de la relatividad que vincula el “viraje hacia el rojo” con la gravitación.

5.4.- Tres maneras de abordar el concepto de explicación.

Un filósofo de la ciencia podría preguntarse: ¿Cuál es la diferencia entre describir un fenómeno y explicarlo? Además, ¿qué es lo que hace que algo sea una explicación adecuada? Se han propuesto tres respuestas básicas a esta cuestión

1) Opinión inferencial (Hempel). Una explicación es un tipo de argumento en el que las premisas contienen enunciados que expresan leyes de la naturaleza y la conclusión contiene el fenómeno a ser explicado. En las premisas pueden encontrarse enunciados que describan condiciones antecedentes.

2) Opinión Causal (Wesley Charles Salmon, 1925 – 2001). Una explicación es una descripción de las diversas causas del fenómeno: explicar es dar información sobre la historia causal que lleva al fenómeno.

3) Opinión pragmática (Bas van Fraassen, 1941). Una explicación es un cuerpo de información que implica que el fenómeno es más probable que sus alternativas, donde la información es de la clase considerada “relevante” en ese contexto, y las clases de alternativas al fenómeno están fijadas por ese contexto.



Fig. 5.2. W.C. Salmon . van Fraassen

5.5.- La teoría inferencial de la explicación.

La postura de Hempel ha recibido otros nombres, como “la concepción heredada de la explicación” (reflejando que los filósofos de la ciencia estuvieron de acuerdo con ella hasta principios de la década de 1960), “el modelo nomológico deductivo de explicación” (conjuntamente con sus variantes probabilísticas llamadas modelos de explicación estadístico-inductivo y estadístico-deductivo)



Fig. 5.3. P. Oppenheim

El trabajo original, publicado por Hempel y Paul Oppenheim (1885 – 1977) en 1948, analizaba lo que se conocería como modelo nomológico–deductivo de la explicación. Ellos consideraron que existen ciertos tipos de modelos de explicación y trataron de generalizar esos modelos. Como ya hemos mencionado, entendieron la explicación como una clase de argumento, es decir, un conjunto de premisas (enunciados) que colectivamente implican una conclusión.

Consideraron que la inferencia argumental es deductiva — es decir, argumentos tales que si las pre- misas son verdaderas la conclusión debe ser también verdadera. Por ejemplo:

Todos los humanos son mortales Sócrates es humano Sócrates es mortal

Dado que no todo argumento deductivo es una explicación ¿Cómo poder distinguir aquellos que constituyen una explicación de los que no los son?

Para encarar esta tarea, Hempel y Oppenheim describieron sus “*Condiciones generales de adecuación*” las que definen cuándo un argumento deductivo reúne los requisitos para ser considerado una explicación adecuada.

Una explicación debe:

- (a) ser un argumento deductivo válido (de aquí el rasgo “deductivo”)
- (b) contener como premisa, esencialmente, al menos una ley general de la naturaleza (de aquí el rasgo “nomológico”)
- (c) Tener contenido empírico (es decir, debe ser lógicamente posible contradecirlo mediante un enunciado observacional)

Para completar las condiciones de adecuación, Hempel y Oppenheim agregaron una cuarta condición “empírica”:

Las premisas (enunciados en el llamado *explanans*) deben ser todas verdaderas

En la visión inferencial, las explicaciones tienen la siguiente estructura (donde las condiciones antecedentes y las leyes de la naturaleza constituyen el *explanans*).

$C_1, \dots, C_n$ [*condiciones antecedentes (opcionales)*]

$L_1, \dots, L_n$ [*leyes de la naturaleza*] Por lo tanto E [*explanandum*]

Más adelante analizaremos algunas variantes estadísticas de este modelo que resultan de aceptar la validez de leyes estadísticas aplicables al comportamiento de la naturaleza con lo que resultará que la inferencia sea inductiva.

5.6.- Leyes de la Naturaleza.

Dado que el análisis de Hempel y Oppenheim está formulado en términos de leyes de la naturaleza, es importante establecer que es lo que ellos consideraron como “leyes de la naturaleza”. Hempel y Oppenheim asignaron este término a enunciados similares a los de una ley física que se consideran verdaderos. Esto significa que una ley es una

entidad lingüística, que debe distinguirse por sus características lingüísticas particulares. En ese sentido, postularon que las leyes naturales deben distinguirse de otros enunciados debido a que son (1) universales, (2) tienen alcance ilimitado, (3) no contienen designaciones de objetos particulares y (4) sus predicados sólo son “puramente cualitativos”.

El problema que enfrentaron estos autores es distinguir entre leyes y generalizaciones accidentales, esto es, verdades generales que *suelen* ser ciertas, si bien no son *siempre* ciertas como lo que correspondería a una ley física. Por ejemplo, supongamos que todas las manzanas que siempre he tenido en mi heladera son verdes. Luego, la siguiente es una generalización verdadera: “todas las manzanas que estuvieron o están en mi heladera son verdes”. Sin embargo, no consideramos que este enunciado sea una ley de la naturaleza. Un motivo puede ser que esta afirmación se aplica solamente a un objeto del Universo, mi heladera. Por el contrario, las leyes de la naturaleza se refieren a una diversidad de clases de objetos (o fenómenos)². Esta es la razón por la que Hempel y Oppenheim incluyeron el requerimiento de que, para ser una ley de la naturaleza, un enunciado no debe designar ningún objeto particular.

Sin embargo, uno podría plantear un enunciado que no designe a ningún objeto en particular y, no obstante, dicha afirmación no sería una ley natural. Por ejemplo:

Ninguna esfera de oro tiene una masa mayor a 100.000 kg. que, obviamente, no es una ley natural.

Una de las razones por las que las afirmaciones acerca de las manzanas verdes o las esferas de oro pueden no ser leyes de la naturaleza — y que no han sido adecuadamente consideradas por Hempel y Oppenheim al analizar las “leyes de la Naturaleza” — es que ellas no soportan inferencias a afirmaciones contrafácticas³. Por ejemplo, no se puede inferir del hecho que todas las manzanas que han estado en mi heladera son verdes el hecho de que si hubiese puesto en ella una manzana roja se hubiese vuelto verde. En cambio, las leyes naturales soportan las inferencias contrafácticas. De la característica que tienen todos los gases de expandirse cuando se los calienta a presión constante, podríamos inferir que si se calienta una cantidad de gas que encuentra en un recinto adecuado para mantener constante la presión interior, el gas se expandirá. En cambio,

² Considérese el caso de la afirmación “Todos los gases que absorben calor a presión constante, se expanden.

³ Los enunciados contrafácticos son condicionales referidos a situaciones que sabemos que no han ocurrido. Por ejemplo, si sabemos que ayer no llovió, podríamos hacer alguna afirmación acerca de lo que podría haber ocurrido si ayer hubiese llovido “Si ayer hubiese llovido, habría venido en automóvil en vez de en ómnibus”.

si dispusiéramos de suficiente cantidad de oro (de hecho, hay mucho más en el mundo) podríamos hacer una esfera de masa superior a los 100.000 kg.

5.7.- Contraejemplos a la teoría inferencial de la explicación científica. Asimetría e irrelevancia.

Ya hemos visto que el análisis de Hempel – Oppenheim tiene las siguientes características:

- (a) Es inferencial. Las explicaciones son argumentos: explicar por qué ocurrió *E* es proveer información que podría haber sido suficiente para predecir *E* antes de su ocurrencia.
- (b) Leyes abarcales. (*Coveringlaws*, en la notación de Hempel) Las explicaciones se realizan mostrando que *E* podría haber sido predicho a partir de las leyes de la naturaleza, conjuntamente con una completa especificación de las condiciones iniciales.
- (c) Simetría Explicación – Predicción. Así como la información que aparece en una adecuada explicación de *E* (leyes y condiciones antecedentes) podría haber sido usada para predecir *E*, toda información que pudiera haber sido usada para predecir *E* puede ser usada, después del hecho para explicar por qué ocurrió *E*.
- (d) La causalidad no cumple un papel esencial. Las leyes de la naturaleza no tienen que describir procesos causales para legitimar explicaciones científicas.

Se han encontrado muchos contraejemplos a los diversos rasgos que presenta este análisis de la explicación científica. Uno de los grupos de contraejemplos muestra que el análisis nomológico-deductivo enfrenta el *problema de la asimetría*. El modelo de explicación cuestionado afirma que explicación y predicción son simétricas, pero parece que no es así, tal como lo muestran los siguientes ejemplos.

- (1) El eclipse. A partir de las leyes que gobiernan el movimiento de la Tierra alrededor del Sol y de la Luna alrededor de la Tierra, se puede predecir con gran exactitud la ocurrencia de un eclipse de Sol. Para ello, sólo hay que conocer la configuración inicial de esos tres cuerpos celestes en un determinado instante. Mediante esas mismas leyes y conociendo las posiciones actuales de los tres cuerpos celestes se puede calcular cuando ha ocurrido un eclipse de Sol en el pasado. Pero sólo en el primer caso podemos considerar que ha habido una “explicación” de la ocurrencia del eclipse.
- (2) El mástil. A partir de las leyes de la trigonometría y de la propagación rectilínea de la luz en un medio homogéneo e isótropo, podemos predecir la longitud de la sombra de un mástil de cierta altura cuando el Sol está en cierta posición. Podemos también calcular la altura del mástil midiendo la longitud de su sombra cuando el Sol está en cierta posición. Pero sólo el primer caso se considera una explicación.
- (3) El barómetro. Usando las leyes de la meteorología, de la formación de tormentas y del efecto de la presión atmosférica sobre el comportamiento de los barómetros, se

puede predecir que cuando el registro del barómetro cae por debajo de cierto valor sobrevendrá una tormenta. También se puede predecir que, si se aproxima una tormenta, el registro del barómetro descenderá. Sin embargo, ninguno de los dos casos son explicaciones (la tormenta no se produce porque baja el registro del barómetro). Tampoco es una explicación que el registro del barómetro baja porque se avecina una tormenta.

El otro grupo de contraejemplos muestra que el modelo nomológico-deductivo enfrenta el *problema de la irrelevancia*. A veces, refrenda información como explicitaría que es irrelevante para el explanandum.

(4) La vacuna contra el cáncer de cuello de útero. Ningún hombre que se aplique la vacuna contra el cáncer de cuello de útero contrae esa enfermedad. Juan se ha aplicado esa vacuna. Por lo tanto, podemos inferir lógicamente que no contraerá cáncer de cuello de útero. Esto difícilmente pueda aceptarse como explicación ya que Juan tampoco contraerá cáncer de cuello de útero, aunque no se hubiera vacunado.

(5) sales de metales alcalinos. Toda sal de metal alcalino que tenga calor de disolución negativo se disuelve en agua. De aquí podemos inferir que si el sulfato de sodio, que es una sal de metal alcalino, se disuelve en agua su calor de disolución es negativo. (En realidad es positivo)

5.8.- El modelo estadístico de la explicación.

Una manera similar de justificar la explicación es a través de una inferencia en la que las leyes de las premisas son del tipo estadístico. Así, por ejemplo, las personas que padecen melanoma tienen alta probabilidad de sufrir metástasis. Supongamos que se ha comprobado que el 90% de las personas a las que se les ha detectado un melanoma contraen un tumor secundario dentro de los 5 años siguientes. Si a Juan se le detectó un melanoma y al cabo de 4 años contrae cáncer de pulmón el esquema de explicación sería

Juan tuvo un melanoma hace 4 años

La probabilidad de que una persona con melanoma sufra metástasis en un lapso de 5 años es de 0,9

Juan sufrió metástasis

El diagrama genérico de explicación sería el siguiente

$$D_1, D_2, \dots, D_n \quad L_1, L_2, \dots, L_n$$

$$p \quad 0 < p \leq 1$$

$$E$$

Notemos que este esquema se asemeja al del modelo nomológico deductivo, ya que menciona condiciones antecedentes, premisas leyes, una inferencia y una conclusión que expresa lo que se desea explicar. La diferencia radica en que, al menos una de las leyes es del tipo estadístico que establece una regularidad en términos probabilísticas y no en términos universales.

Autores como Hempel o Karl Popper han remarcado que esa inferencia que permite saltar de las premisas a la conclusión no es una deducción, en tanto que no garantiza la verdad de la conclusión. Que el 90% de las personas con melanoma sufran metástasis no quiere decir que, necesariamente, Juan o Pedro sufrirán metástasis. En este tipo de explicación el salto de las premisas a la conclusión es *inductivo*. Esto significa que, a partir de las premisas consideradas verdaderas, la probabilidad de que la conclusión sea verdadera es elevada, lo que se cuantifica mediante un número probabilístico.

El enunciado *E* que figura en la conclusión es un enunciado singular verdadero, que describe un hecho acontecido (en este caso que el paciente sufrió una metástasis).

Se ha considerado también que la explicación estadística significa inferir que si, por ejemplo, una droga cura con probabilidad 0,9, entonces hubo una probabilidad 0,9 de que un enfermo *X* se cure. En esta interpretación lo que se explica no es *por qué el enfermo se curó* sino *por qué la probabilidad de que el enfermo X se cure es 0,9*. Esta interpretación no es una explicación estadística inductiva. Muy por el contrario, es una *explicación nomológica deductiva* ya que mediante alguna *deducción lógica* del Cálculo de Probabilidades se podría inferir que la probabilidad de que el enfermo *X* se cure es 0,9.

El modelo estadístico de explicación no exige que sea alta la probabilidad de que se alcance una conclusión a partir de una ley estadística. Por caso, la eficacia de una droga para atacar al VIH puede no ser alta y, sin embargo, disminuir la carga viral de un portador en particular.

El inconveniente mayor que presenta la explicación a partir de leyes estadísticas radica en que, para obtener la conclusión, en muchos casos se deben emplear varias leyes de este tipo. Aun siendo elevadas las probabilidades a las que refiere cada una de ellas, la conjunción de ellas (al resultar en el producto de las mismas) puede dar como resultado una probabilidad muy baja.

Otro de los problemas que afectan a las explicaciones estadísticas es que, muchas veces, las “le- yes” estadísticas están fundamentadas sobre correlaciones espurias. Así, por ejemplo, se puede establecer que, en un determinado período de años, ha habido una tendencia ascendente de salarios públicos y privados y una tendencia general a mayores comodidades de vida. Sobre esta base, se puede establecer una correlación entre los sueldos de las maestras jardineras y el consumo de alcohol y encontrar que los coeficientes de correlación son elevados, digamos 0,90 – 0,95. De aquí se podría derivar

como ley estadística. “Toda vez que a una maestra le aumentan el sueldo consume más alcohol” con $P = 0,90 - 0,95$.

5.9.- La explicación parcial.

En muchos casos, frente al pedido de explicación de un hecho, no es posible deducir rigurosamente que el mismo se produjo por razones determinadas y entonces recurrimos a razonamientos que emplean la analogía. Así, por ejemplo, en la primera mitad del siglo XIX se independizó la mayoría de las colonias españolas en América. Mediante un análisis comparativo de los sucesos ocurridos en distintas colonias españolas de América, sería posible explicar la Revolución de Mayo deduciéndola de datos históricos previos a la misma, con el agregado de algunas leyes sociológicas, económicas y políticas que permitirían comprender la evolución del proceso ocurrido en el Río de la Plata en 1810. Sería entonces tentador creer que la Revolución de Mayo se puede explicar de manera nomológica - deductiva a partir de esas premisas — datos y premisas - leyes. Sin embargo, esto no es posible. Lo que sí se puede “deducir” de tales datos y leyes es que en algún momento podrían producirse cambios sociopolíticos violentos, pero no podría explicarse por qué hubo un Cabildo Abierto justo el 25 de mayo de 1810. Lo único que podríamos decir — basándonos en leyes sociológicas, políticas y económicas de tipo estadístico — es que un cambio de ese tipo habría de ocurrir en algún momento. Para ello, habríamos recurrido a algún tipo de inferencia probabilística resultante de analizar, no sólo lo que ocurrió en el Río de la Plata sino en otras colonias españolas. De modo que habríamos dado una explicación “estadística” *parcial*. Este tipo de explicación parcial es bastante común en el análisis de eventos históricos, sociológicos o vinculados a hechos prácticos.

Al igual que en la explicación estadística, en la explicación parcial no se cumple el principio de simetría entre explicación y predicción. Si el hecho que se desea explicar, efectivamente se produjo, la explicación es perfectamente posible de efectuar, pero no necesariamente permitiría predecir la ocurrencia de un hecho semejante. De modo que, desde lo estrictamente metodológico, cuando sólo se dispone de explicaciones estadísticas o parciales no es válido adoptar el mismo modelo para realizar predicciones.

5.10.- La teoría causal de la explicación.

En la década de 1960, Wesley Salmon, se ocupó en distinguir casos donde la información puede proveer una explicación sustancial, de aquellos casos en los que la información disponible sólo establece una mera correlación. Así, por ejemplo, tener manchas de nicotina en los dedos está correlacionado positivamente con el cáncer de pulmón, pero no se puede explicar por qué una persona contrajo cáncer de pulmón

puntualizando que esa persona tiene los dedos manchados con nicotina. Al distinguir casos como esos, Salmon sostuvo que es imposible usar solamente relaciones estadísticas puramente formales para dar una explicación científica, sino que se requiere otro tipo de información para que la explicación sea metodológicamente válida. Para ello propuso que explicar un fenómeno no radica en ofrecer información suficiente para predecir que el suceso ha de ocurrir, sino dar información acerca de las causas de ese fenómeno. En este enfoque, una explicación no es un tipo de argumento que contiene leyes de la naturaleza como premisas, sino un ensamble de información estadística relevante sobre la historia causal del evento.

Salmon estableció dos razones para pensar que lo que se necesita para delimitar a las explicaciones como científicas es la “información causal”.

Las condiciones iniciales dadas en la información explicatoria tienen que preceder temporalmente al explanandum para constituir una explicación de ese explanandum. (La teoría de Hempel no establecía ninguna restricción de este tipo). El ejemplo del eclipse ilustra este hecho: se puede utilizar tanto la información acerca de las posiciones subsecuentes en el pasado del Sol y de la Luna para deducir que en cierto día ocurrió un eclipse, como usar la información acerca de las posiciones actuales del Sol y de la Luna para predecir la ocurrencia de un eclipse en cierto día futuro. El primero es un caso de retrodicción, mientras que el último es un caso de predicción. Este es un ejemplo de simetría de explicación – predicción postulada por Hempel. Pero dados los problemas que genera la asimetría de los argumentos, Salmon sostuvo que sólo la deducción que permite predecir un evento futuro cuenta como explicación. Al respecto, remarcó que la dirección temporal de la explicación debe coincidir con la dirección temporal de la causación, la cual es progresiva (esto es, que las causas deben preceder temporalmente a sus efectos)

No todas las deducciones de las leyes cuentan como explicaciones. Algunas de las “explicaciones” nomológicas – deductivas no son, en sí mismas, explicaciones. Así, por ejemplo, sostiene que una deducción a partir de la ley general de estado de los gases ideales $pV = nRT$ y de las condiciones iniciales no constituye una explicación, ya que dicha ley sólo establece un conjunto de restricciones que vinculan determinados parámetros de una cierta cantidad de gas ideal (volumen, presión y temperatura) pero no explica por qué esos parámetros están vinculados de esa manera, sino que la existencia de esas restricciones es una cuestión sustantiva que es respondida por la teoría cinética de los gases ideales. Otro ejemplo lo constituye el conocimiento secular de la relación entre las fases de la Luna y la altura de las mareas. La simple descripción de cómo esas dos variables están relacionadas no constituye una explicación. La explicación no fue provista hasta que Newton desarrolló su teoría sobre la gravitación.

Salmon sostuvo que la diferencia entre leyes explicativas y no explicativas radica en que las primeras describen procesos causales mientras que las últimas (como la ley de los gases ideales) sólo describen regularidades empíricas.

La teoría causal de la explicación de Salmon tiene tres características distintivas:

Relevancia estadística. El explanans (C) aumenta la probabilidad del explanandum (E), esto es $P(E/C) > P(E)$. Un factor F es estadísticamente relevante para la ocurrencia de un suceso A si la probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió F es distinta de la probabilidad de que ocurra A simplemente.

Podemos simbolizar esto como sigue:

$$P(A/F) \neq P(A) \quad (1)$$

donde $P(A/F)$ se lee "probabilidad de que ocurra A dado que ocurrió F ".

Este modelo no impone condición de mayor o menor probabilidad, tan sólo propone que si se verifica (1) entonces F es estadísticamente relevante para A .

Procesos causales. Tanto el explanans como el explanandum son parte de diferentes procesos causales.

Interacción causal. Los procesos causales interactúan de tal manera que provocan el evento E en cuestión.

Esto lleva a la tarea de establecer qué es un "proceso causal". Según Salmon, los procesos causales se caracterizan por dos rasgos. Primero, un proceso causal es una secuencia de eventos en una región continua del espacio-tiempo. Segundo, un proceso causal puede transmitir información (una "marca")

De acuerdo con Salmon, un principio poderoso de explicación es que cada vez que hay una coincidencia (correlación) entre las características de dos procesos, la explicación es un evento común a los dos procesos que da cuenta de esa correlación. Esto es una "causa común". Para citar un ejemplo dado anteriormente: hay una correlación entre cáncer de pulmón (C) y manchas de nicotina en los dedos de una persona (N). Esto es

$$P(C/N) > P(C)$$

La causa común de esos dos eventos es el hábito de fumar un número elevado de cigarrillos por día (S). Con relación a S , tanto C como N son independientes. De modo que

$$P(C/N\&S) = P(C/S)$$

Esto es equivalente a decir que una vez que se verifica S , N se torna irrelevante.

Esto es parte de una definición precisa de “causa común” que está constreñida por las condiciones probabilísticas formales.

Partimos de que cierta $P(A/B) > P(A)$ y que C es una causa común a A y a B si se cumple lo siguiente

$$P(A \& B/C) = P(A/C)P(B/C) \quad P(A \& B/\neg C) = P(A/\neg C)P(B/\neg C) \quad P(A/C) > P(A/\neg C)$$

$$P(B/C) > P(B/\neg C)$$

A su vez, estas condiciones están constreñidas: A , B y C deben estar vinculadas apropiadamente como partes de un proceso causal.

5.11.-La explicación causal y su dependencia según Van Fraassen.

El modelo de explicación científica propuesto por Van Fraassen se apoya fundamentalmente sobre dos elementos: Las ideas de Hans Reichenbach y de Wesley Salmon sobre la causalidad y las características lógicas y pragmáticas de las preguntas. La vinculación con la causalidad es natural ya que tradicionalmente “explicar” un evento se entiende como determinar los factores (principios causales) que lo provocaron. En lo que se refiere al análisis de las preguntas, su vinculación se debe a que una explicación constituye una respuesta al *porqué* sucede o sucedió un evento.

Para Van Fraassen, explicar causalmente un hecho es *contar una historia de cómo las cosas sucedieron y cómo, por así decirlo, los sucesos concuerdan entre sí*.⁴ Una explicación sólo será posible en la medida que se realice una selección previa de las partes de la red de causas que se consideran relevantes. De modo que, a la hora de explicar un evento, *la explicación solamente tiene que decir que existe una estructura de relaciones causales de cierto tipo que — en principio — podría ser descripta en detalle. Las características relevantes son las que establecen el “cierto tipo”*⁵. Por lo tanto, un mismo evento merecerá, de acuerdo con los factores que fueron considerados relevantes, explicaciones alternativas; pudiendo incluso resultar que, al mismo tiempo, varias de ellas se consideren adecuadas. En consecuencia, un mismo suceso podría tener varias causas de naturaleza muy distinta. Pero la elección del factor causal relevante no debe escogerse por ser el más interesante, sino que se debe elegir entre una gama de factores que sean objetivamente relevantes para una cierta teoría científica. Es decir, *ningún*

⁴ Van Fraassen, B. (1996): *La imagen científica*. Ed. Paidós. Barcelona, p.143.

⁵ Van Fraassen, B. *Op. Cit.*, p. 156.

*factor es relevante explicativamente hablando a menos que sea científicamente relevante, y entre los factores científicamente relevantes el contexto determina aquellos que son relevantes explicativamente*⁶.

5.12.- La explicación teleológica.

En algunas oportunidades los hechos son explicados a partir de propósitos o finalidades. Por ejemplo, Juan explica por qué compró un pasaje a Madrid esta tarde diciendo que lo hizo pues pretende visitar a su hermano el mes próximo. En este caso se explica un hecho ocurrido, que Juan compró el pasaje, apelando al propósito que tiene Juan de visitar a su hermano.

Este tipo de explicaciones no son tan habituales en ciencias naturales, sobre todo cuando el objeto de estudio no es un ser vivo. Esto es, razonable si se piensa lo difícil que es imaginar una piedra o una radiación con objetivos. Sin embargo, en muchos casos son utilizadas, al igual que las explicaciones funcionales, que es otro tipo de explicación que no discutiremos aquí.

Para tratar de aclarar algo más a qué nos referimos con explicación teleológica veamos un ejemplo.

Muchos animales tienen reacciones extrañas ante la presencia de algo extraño que ven como agresor. En ciertos casos lo que estos animales hacen es llamar la atención mediante ruidos y movimientos característicos que hacen que el agresor los persiga. Una explicación de esta conducta es que los animales realizan tales actos para que el agresor los persiga a ellos y así se alejen de sus crías. Es decir, qué se explica la conducta actual sobre la base de que las víctimas tienen la finalidad de alejar al agresor de sus crías.

En la concepción aristotélica, había dos tipos de causalidades, la causalidad eficiente y la causalidad teleológica. En el primero de los casos, la posibilidad de ocurrencia de un suceso está dada por la ocurrencia de sucesos anteriores. En cambio, en su visión de la causalidad teleológica el acontecimiento de un suceso determinado se debe a un estado final que se quiere alcanzar. En este sentido, muchos intérpretes de la concepción aristotélica daban como explicación teleológica de la caída de los cuerpos la afirmación aceptada de que el destino natural de los cuerpos graves era el reposo.

Algunos filósofos han propuesto una distinción entre “explicar por causas” y “explicar por razones”. Las explicaciones causales son argumentos nomológicos deductivos, entre los cuales figuran, junto a las premisas leyes, las denominadas leyes causales. Pero en

⁶ Van Fraassen, B. *Op. Cit.*, p. 158.

las ciencias humanas y sociales, la acción humana o social se suele explicar en términos de “motivación”, cierta actitud humana o social que cae dentro de lo psicológico y que da sentido a la acción. De esta manera se distingue entre la actitud que se adopta en función del interés en lograr algo (motivación) de la causa que objetivamente conduce a la producción de un suceso.

5.13.- Bibliografía.

Hempel, C. G. - Oppenheim P., (1948): “Studies in the logic of explanation”. *Philosophy of Science* 15: 135-175.

Hempel, C. G., (2005): *La explicación científica. Estudios sobre filosofía de la ciencia.* Editorial Paidós. Barcelona.

Klimovsky, G., (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J., (1994): *La estructura del conocimiento científico.* 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires

Nagel, E., (1961): *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation.* Nueva York, Harcourt, Brace and World. (Hay traducción al castellano de 2006: *La estructura de la ciencia.* Editorial Paidós. Barcelona)

Salmon, W., (1989): “Four Decades of Scientific Explanation”. En P. Kitcher & W. Salmon (eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science Vol. XIII. Scientific Explanation.* Minneapolis, University of Minnesota Press. Pp. 3-220.

Scriven, M., (1962): “Explanations, Predictions, and Laws”. En H. Feigl & G. Maxwell (eds.) *Minnesota Studies in the Philosophy of Science Vol. III Scientific Explanation, Space, and Time.* Minneapolis, University of Minnesota Press. Pp. 170-230.

Van Fraassen, B., (1996): *La imagen científica.* Ed. Paidós. Barcelona.

EL REDUCCIONISMO

6.1.- Introducción:

En 1961, el epistemólogo Ernst Nagel (1901 – 1985) publicó “The Structure of Science” cuyo capítulo XI, “La reducción de teorías” está dedicado al análisis de lo que hoy en día se conoce como *reduccionismo ontológico*, y en el que establecen los requisitos para que este tipo de reducción opere. Allí, Nagel menciona como ejemplo paradigmático de reducción “la incorporación de la Termodinámica a la Mecánica — más exactamente, a la Mecánica Estadística y la teoría cinética de la materia — ...”¹. En las secciones siguientes se hace una breve reseña de lo que entienden los científicos por reducción, lo que entienden los epistemólogos y los inconvenientes que la reducción plantea.

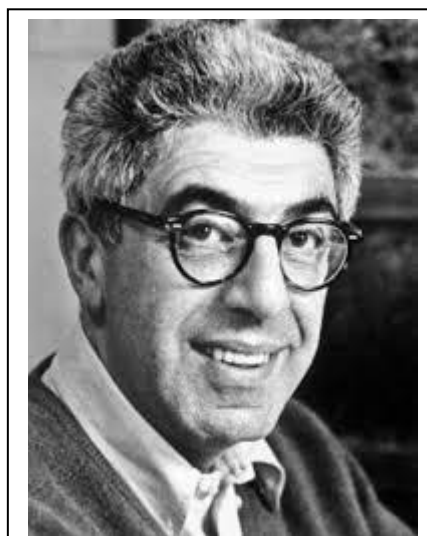


Fig. 6.1. E. Nagel

6.2.- ¿Qué es reducción para los científicos?

Tanto en la Epistemología como en las ciencias físicas, suele emplearse la palabra reducción, aunque muchas veces, con significados opuestos. A su vez, los epistemólogos suelen emplear el vocablo reducción con diferentes matices, por lo que se suele hacer una distinción entre reducción ontológica, reducción semántica y reducción metodológica.

Según los epistemólogos, la reducción de una teoría *A* a otra *B* implica que, de alguna manera, se pueden explicar las leyes de la teoría *A* mediante la teoría *B*. No ocurre lo mismo con la concepción de reducción que usan los científicos.

¹ Nagel, E., 1961, *The Structure of Science*. Routledge and Kegan Paul, London. p. 315.

Tomemos como ejemplo, uno de los casos típicos que se estudian en Mecánica Cuántica, el llamado “problema de la partícula en una caja unidimensional”. Este problema consiste en encontrar la energía de una partícula de masa m encerrada en una caja de paredes rígidas, de altura infinita (respecto de las dimensiones de la partícula). La partícula en cuestión está constreñida a moverse entre ambas paredes laterales de la caja situadas entre sí a una distancia L . Para una función de energía potencial en el interior de la caja igual a cero, la solución del problema² da para la energía E de la partícula

$$E = \frac{N^2 h^2}{8mL^2} \quad (N = 1, 2, 3, \dots) \quad (6 - 1)$$

en la que n es un número entero mayor que cero (llamado, a veces, *número cuántico traslacional*) y h es la constante de Planck ($6,626 \times 10^{-34} J.s$). La ecuación anterior suele escribirse también

$$E_N = \frac{5,488 \times 10^{-68} N^2}{mL^2} J.s. \quad (N = 1, 2, 3, \dots) \quad (6 - 2)$$

Para una partícula de masa m dada, que se mueva en esa caja de ancho L , la ecuación (1 - 2) nos dice que la energía de esa partícula estará restringida por los valores de N , es decir, su energía podrá variar solamente en función de números enteros. Si la partícula en cuestión fuese un electrón ($m = 9,109 \times 10^{-31} kg$) y el ancho de la caja fuese $L = 10^{-10} m$, (que es del orden del tamaño de un átomo) encontraríamos que para $n = 1$ el valor más bajo de energía de ese electrón sería igual a $6,025 \times 10^{-18} J$. Este valor de energía se encuentra en la región de los rayos X de alta frecuencia. La diferencia entre los niveles $n = 1$ y $n = 2$ es $1,807 \times 10^{-17} J$. Por consiguiente, si la partícula cae del nivel $n = 2$ al $n = 1$ emitirá un fotón que, en ese rango de frecuencias, puede ser detectado.

En cambio, si la partícula es una bolilla de masa $m = 10^{-3} kg$ y el ancho de la caja es $L = 1 cm$; la energía del nivel para el cual $n = 1$ será $E_1 = 5,488 \times 10^{-61} J$.

Supongamos que la bolilla se mueve con una velocidad de $1 cm/s$. Entonces su energía cinética es

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 10^{-3} \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-8} J$$

Utilizando la ecuación (1 - 2), podemos calcular el valor del número cuántico n correspondiente a una energía de $5 \times 10^{-8} J$. Ese número es del orden de $3,02 \times 10^{26}$. Para observar la cuantización de este sistema habría que distinguir entre la energía que

² Para una deducción detallada de la energía de la partícula en una caja unidimensional en la que la energía potencial es cero véase, por ejemplo, **Levine, I. N. (2000) Quantum Chemistry**. Fifth Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River. New Jersey; p.p. 22 – 25.

corresponde al número cuántico n y la que corresponde al número cuántico $n + 1$ (o al $n - 1$). Haciendo los cálculos se encuentra que esos dos números cuánticos consecutivos son del orden de 10^{-26} . Esto hace que la diferencia de energía entre esos dos niveles sea del orden de $10^{-117} J$. Dado que es imposible observar experimentalmente diferencias de energía de este orden, la cuantización de la energía de la bolilla es indetectable y es perfectamente válido estudiar su energía cinética según la mecánica clásica.

Este ejemplo ilustra el llamado *principio de correspondencia* de Niels Bohr que puede enunciarse: *En el límite de los números cuánticos altos, los resultados de la Mecánica Cuántica se reducen a los de la Mecánica Clásica*. Siempre que tratamos con partículas *masivas*, como bolillas, pelotas de golf, etc., la mecánica cuántica *se reduce* a la mecánica clásica.

Mediante razonamientos análogos, los científicos dicen que, para velocidades suficientemente bajas respecto de la velocidad de la luz en el vacío, la Mecánica Relativista *se reduce* a la Mecánica Clásica.

Notemos que en el límite de los números cuánticos altos mencionado anteriormente la diferencia de energía entre dos estados cuánticos consecutivos tiende a cero. Este no es solamente aplicable al ejemplo de la bolilla. Toda partícula cuyo movimiento sufra una restricción tiene cuantificada su energía y en *todos los casos*, cuando los números cuánticos que establecen tal restricción son lo suficientemente altos, la diferencia entre dos estados cuánticos se torna experimentalmente inobservable. Esto ha llevado a Thomas Nickles³ a proponer un esquema que describe de qué manera, en cierta clase de entornos, una nueva teoría, más refinada, se reduce a la vieja menos abarcativa.

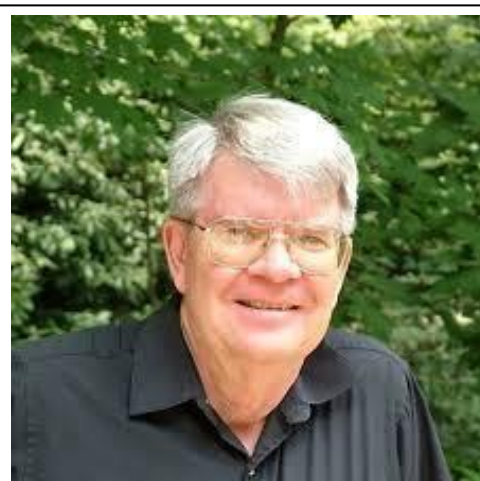


Fig. 6.2. T. Nickles (1943 -)

Sea T_f una teoría nueva y refinada relativa a un campo de la realidad que suplanta a una teoría T_c menos elaborada y temporalmente anterior. Sea ϵ un parámetro fundamental de T_f . Nickles relaciona ambas teorías mediante la expresión que él llama “esquema R ”

$$\text{Esquema } R: \lim_{\epsilon \rightarrow 0} T_f = T_c$$

³ Nickles, T., 1973, "Two concepts of inter-theoretic reduction", *The Journal of Philosophy*, 70/7: 181-201.

Deberíamos tomar esta igualdad con mucha reserva. Si bien hay ciertas situaciones en las que se cumple el esquema R , no siempre se dará el caso que cada ecuación o fórmula de T_f dará lugar a una ecuación correspondiente de T_c . Debe notarse también que el esquema R puede tener vigencia sólo si el límite es “una regla”. En tales circunstancias, el modelo de Nickles sostiene que es apropiado llamar a la relación limitante, una “reducción”. Si el límite del esquema R es un caso singular, el esquema falla y, a lo sumo, se podría decir que, en ese caso particular, existe una relación interteórica. F

Deberíamos entender la diferencia entre relaciones limitantes regulares y singulares como sigue: Si las soluciones de las fórmulas relevantes o ecuaciones de la teoría T_f son tales que, a medida que se reduce el valor de ε , los resultados de aplicar T_f se aproximan cada vez más a las soluciones de las correspondientes fórmulas de T_c entonces el esquema R será válido. Pero, además, se debe cumplir que el comportamiento limitante cuando $\varepsilon \rightarrow 0$ se hace igual al “comportamiento en el límite” cuando $\varepsilon = 0$. Si el comportamiento en el límite es de carácter fundamentalmente diferente que las soluciones que obtenemos en las proximidades de $\varepsilon \rightarrow 0$, entonces el esquema falla.

Nickles da como ejemplo de caso paradigmático de reducción limitante de la forma R la ecuación que da la cantidad de movimiento de una partícula en la mecánica newtoniana (MN) y la teoría especial de la relatividad (TER).

En la TER, la cantidad de movimiento, p , de una partícula de masa en reposo m_0 que se mueve con velocidad v está dada por

$$p = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (1 - 3)$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío. Haciendo $\varepsilon = v$, es evidente que cuando $v \rightarrow 0$, el denominador de la (1 – 3) tiende a 1, y se obtiene la expresión de la cantidad de movimiento según la Mecánica Newtoniana, $p = m_0 v$. Sin embargo, la reducción no se puede probar en $\varepsilon = 0$, ya que un cuerpo en reposo carece de cantidad de movimiento. Ejemplos como este han llevado a varios investigadores a pensar en las relaciones limitantes como formando una clase de nueva regla de inferencia que permitiría conectar más estrechamente la percepción de la reducción de los



Fig. 6.3. F. Rohlirch

físicos con la de los filósofos. Por ejemplo, Fritz Rohlrirch⁴ (1921 - 2018) sostiene que una teoría poco elaborada sobre un campo de la realidad es reducible a una teoría más refinada sobre el mismo tema sólo en el caso de que el marco matemático de la teoría más elaborada se reduce (en el sentido que le dan los físicos) al marco matemático de la teoría más tosca.

6.3.- ¿Qué entienden los epistemólogos por reduccionismo?

Muchas de las discusiones de las relaciones reductivas entre pares de teorías se originan en el trabajo de Ernst Nagel. “La estructura de la Ciencia”. En este libro Nagel afirma:

“...a reduction ... is the explanation of a theory or a set of experimental laws established in one area of inquiry, by a theory usually though not invariably formulated for some other domain.”⁵

El esquema que emplea Nagel para establecer la reducción de una teoría a otra es el siguiente:

T reduce a T' sólo en el caso en que las leyes de T' son deducibles de las de T.

El esquema es escueto y contundente y se corresponde con lo que se suele llama reduccionismo ontológico.

El reduccionismo ontológico es una posición filosófica sostenida por muchos epistemólogos, según la cual, si hay dos disciplinas *A* y *B* cuyos objetos de conocimiento abarcan algunas áreas comunes y una de esas disciplinas — digamos la *A* — tiene axiomas, leyes y procedimientos de investigación mediante los cuales se pueden explicar los postulados, las hipótesis y las consecuencias observacionales de la disciplina *B*, entonces las entidades de *B* son, esencialmente, estructuras cuyas componentes, relaciones, correlaciones y funcionamiento corresponden a la disciplina *A*.⁶

⁴ Rohlrirch, F., 1988, "Pluralistic ontology and theory reduction in the physical sciences", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 39: pág. 303.

⁵ “Una reducción, ... , es la explicación de una teoría o de un conjunto de leyes experimentales establecidas en un campo de investigación por otra teoría formulada habitualmente, aunque no invariablemente, para otro dominio”. Nagel, E., 1961, *The Structure of Science*. Routledge and Kegan Paul, London. p. 338. Traducción al castellano *La estructura de la Ciencia, Problemas de la lógica de la investigación científica*. Ed. Paidós. Buenos Aires. 1968. El Capítulo XI “La reducción de teorías” páginas 310 – 362 ha sido la fuente para elaborar el tema central de este capítulo.

⁶ Cf. Klimovsky, G. (1994) *Las desventuras del conocimiento científico*. AZ. Buenos Aires. Cap. 17 pág. 280.

Nagel distingue dos tipos de reducciones sobre la base de que el vocabulario de la teoría reducida sea un subconjunto de la teoría reductora o no. Si lo es — esto es, si la teoría reducida T' contiene términos contenidos en la teoría reductora T , y los términos de T' se entienden como teniendo aproximadamente el mismo significado que tienen en T , entonces Nagel llama “homogénea” a la reducción de T' por T . En este caso, la reducción puede muy bien ser esclarecida en varios aspectos, y es parte del “desarrollo normal de una ciencia”, al punto que “...mucha gente creerá que no hay nada especialmente terrible o interesante desde un punto de vista filosófico que aquí se sigue”⁷.

En otros casos, la ciencia a reducir, que Nagel llama “secundaria”, emplea en sus formulaciones de leyes y teorías una serie de predicados descriptivos que no están incluidos en los términos teóricos básicos de la ciencia reductora, o “primaria”, fundamentalmente, debido a que los dominios de aplicación de ambas ciencias son distintos. A este tipo de reducción, Nagel la llama “heterogénea”⁸. Vale la pena citar la opinión de Gregorio Klimovsky (1922 – 2009) respecto del reduccionismo ontológico:

“Se puede pensar que la actitud reduccionista es una especie de postura metodológica consistente en decir: ‘Intentemos reducir las disciplinas más complicadas o más misteriosas en sus fundamentos a aquellas en las cuales la ciencia ha tenido éxito, porque, tal vez, al hacerlo, podamos aspirar a aumentar una comprensión del universo que, de otra manera, no alcanzaríamos’.

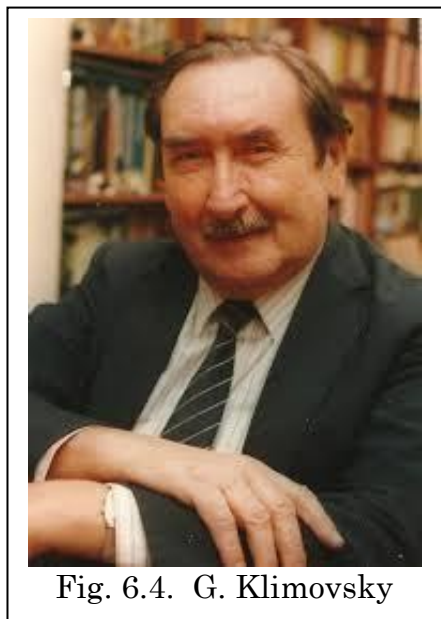


Fig. 6.4. G. Klimovsky

En este punto, es posible advertir la conexión entre reducción y explicación. Si tenemos algún procedimiento para reducir una disciplina a otra y, en particular, cierta teoría a otra de una disciplina anterior se comprenderá que las leyes de la disciplina que ha sido reducida se transforman en hipótesis derivadas de las teorías de mayor alcance. Si esto es así, las leyes fundamentales de una disciplina quedarán explicadas por las leyes o las teorías de la disciplina básica a la cual se reduce la primera. Uno de los atractivos epistemológicos y metodológicos de la reducción es que una disciplina quedará no sólo reducida sino, en cierto modo, explicada, sobre la base de las teorías exitosas de la disciplina fundamental. Así podría decirse, por ejemplo, que la teoría

⁷ Nagel, E. *op. cit.* pág. 313.

⁸ Nagel, E. *op. cit.* pág. 315.

galileana del movimiento se reduce a la mecánica de Newton o que la óptica se reduce al electromagnetismo de Maxwell”⁹.

Existe una variante del reduccionismo ontológico, — que presenta dificultades análogas — que se suele llamar "reduccionismo semántico". En este caso no se intenta afirmar que ciertas entidades son reductibles a otras entidades, sino algo muy distinto: que el lenguaje de la disciplina *B*, la que se quiere reducir, puede ser traducido al lenguaje de la disciplina básica *A*.

Klimovsky distingue una tercera variante; la “reducción metodológica”, que significaría una reducción semántica del lenguaje de una teoría *B* a lenguaje de otra *A*, con la exigencia de que mediante esta reducción se descubra que la teoría *B* es derivada de la *A*.¹⁰

Lawrence Sklar (1939 – 2024)¹¹ señaló que, desde una perspectiva histórica, la postura reduccionista de Nagel es algo ingenua. Los casos reales en la historia de la ciencia donde se ha producido una genuina reducción homogénea son pocos y aislados. Así, Nagel toma como ejemplos de reducción paradigmática la reducción de las leyes de Galileo de la caída de los cuerpos a la Mecánica newtoniana. Pero en esto no hay una verdadera reducción. En la Mecánica galileana la aceleración de la gravedad es constante en tanto que, en la newtoniana, dicha aceleración varía con la distancia del cuerpo al centro de masa de la Tierra. Esto es, depende de la altitud y de la latitud en que se encuentre el cuerpo que cae. Los conceptos

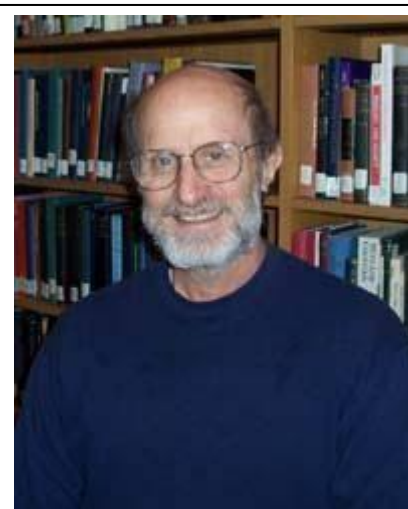


Fig. 6.5. L. Sklar

de fuerza de interacción gravitatoria y aceleración de la gravedad son diferentes, de manera que la fórmula de Galileo no se puede deducir a partir de la ley de la gravitación universal de Newton. En todo caso, para una caída a tierra desde una altura lo suficientemente pequeña como para que la variación de la aceleración de la gravedad en ese trayecto sea experimentalmente indetectable podría emplearse la concepción de los físicos y decir “para una caída desde una altura lo suficientemente pequeña, la aceleración newtoniana se reduce a la galileana (De hecho, tal es la postura que adopta la mayoría de los textos de Física para las escuelas medias e ingreso a las universidades)

⁹ Klimovsky, G. *op. cit.* pág. 276

¹⁰ Cf. Klimovsky, G. *op. cit.* p. 283.

¹¹ Sklar, L., 1967, "Types of inter-theoretic reduction", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 18: p.p. 110 - 111.

La tarea de caracterizar a las reducciones es más compleja cuando la reducción es heterogénea, esto es, cuando la teoría reducida contiene términos o conceptos que no aparecen en la teoría reductora. Nagel tomó como *ejemplo paradigmático* de reducción heterogénea “la (aparente) reducción de la Termodinámica (o al menos alguna porción de la Termodinámica) a la Mecánica o — más exactamente, a la Mecánica Estadística y la teoría cinética de la materia, — (que) es un ejemplo clásico y bastante conocido de tal reducción.”¹²

Nagel reconoció que cada ciencia posee significados que están determinados por sus propios procedimientos de elucidación y que las expresiones características de una ciencia suelen ser ininteligibles en términos de las leyes o reglas de otra ciencia. Es por ello que intentó enunciar los requisitos formales que son necesarios satisfacer para efectuar la reducción de una ciencia a otra. Al respecto señaló que

“...si las leyes de la ciencia secundaria (la teoría reducida) contiene términos que no están presentes en los supuestos teóricos de la disciplina primaria (la teoría reductora) ... la derivación lógica de aquella a esta última es *prima facie* imposible”¹³

Por ello, introdujo dos “consecuencias formales necesarias” requeridas para que la reducción tenga lugar:

Conectabilidad “Se deben introducir supuestos de alguna clase que postulen relaciones apropiadas entre cualquiera que sea el significado de “A” (el término a ser reducido, o sea, un elemento del vocabulario de la teoría *T*) y atributos representados por los términos teóricos que ya están presentes en la ciencia primaria (reductora)”

Derivabilidad “Con la ayuda de estos supuestos adicionales, todas las leyes de la ciencia secundaria”, incluyendo aquellas que contienen el término “A”, deben ser lógicamente derivables de las premisas teóricas y sus definiciones coordinadoras asociadas en la disciplina primaria”¹⁴.

La condición de conectabilidad trae un número de problemas interpretativos acerca de cuál es o cuál debería ser el estatus de lo que Nagel llama “*relaciones apropiadas*”. Esas relaciones, que tratan de vincular leyes de una teoría con leyes de otra, se designan a menudo como “leyes puente” o “hipótesis puente”. No se suele aclarar si esas relaciones apropiadas son meras traducciones lingüísticas, o son reglas “*ad hoc*” necesarias para establecer una conexión específica entre dos conceptos o dos leyes. Y en el caso de que sean descubrimientos fácticos debería probarse su aplicación general. A veces se considera a las leyes puente como expresiones de cierta clase de “relación de

¹² Nagel, E.; *op. cit.* pág. 315.

¹³ Nagel, E.; *op. cit.* pág. 324.

¹⁴ Nagel, E.; *op. cit.* pág. 325.

identidad”. Al respecto, Sklar menciona que la reducción de la “teoría” de la óptica física a la teoría de la radiación electromagnética procede mediante la *identificación* de una clase de entidades — las ondas de luz — con (parte de) otra clase — la radiación electromagnética. Al respecto afirma: “... el lugar de las leyes de correlación (leyes puente) está ocupado por identificaciones de dos clases de entidades establecidas empíricamente. Las ondas luminosas no están correlacionadas con las ondas electromagnéticas debido a que ellas no *son* ondas electromagnéticas”¹⁴. De hecho, si el esquema de reducción de Nagel es aplicable, las leyes puente deberían reflejar la existencia de alguna clase de identidad.

Kenneth Schaffner (1939 –)¹⁵, llama a las leyes puente “funciones de reducción”. El también sostiene que ellas deben tomarse para reflejar identidades sintéticas ya que, al menos inicialmente, requieren un soporte empírico para su justificación. “No se descubrió que los genes son ADN por vía del análisis del *significado*, sino que, para hacer tal identificación, se requirieron investigaciones empíricas importantes y dificultosas.” Sin embargo, autores como Feyerabend se opusieron a la existencia de tales relaciones de identidad. Así “temperatura” en la Termodinámica Clásica es un concepto no estadístico, por consiguiente, es inconmensurable con una interpretación estadística (si la hay) de “temperatura” en Mecánica Estadística.



Fig.6.6. K. Schaffner

Schaffner y otros investigadores han desarrollado sofisticados esquemas de reducción del tipo de Nagel, que tratan de capturar explícitamente los rasgos del cambio de la teoría real. La idea es incluir explícitamente en el modelo, la “teoría reducida corregida” tal como sería la Termodinámica Estadística. Así Schaffner sostiene que una teoría T reduce a otra T' sí y sólo sí hay una versión corregida de T' , que puede llamarse T^* tal que

1) Los términos primitivos de T^* están asociados mediante funciones de reducción (o leyes puente) con varios términos de T .

¹⁴ Sklar, L.; *op. cit.* pág. 120. Se refiere a la idea de que las ondas de luz, en general, no tienen una relación de fase definida entre sí. Esto significa que sus picos y valles no ocurren al mismo tiempo, o que no existe una relación constante en su comportamiento.

¹⁵ Schaffner, K. 1976, "Reductionism in biology: Prospects and problems", en R.S. Cohen, *et al.* (eds), PSA 1974, p.p. 613-632. D. Reidel Publishing Company.

2) T^* es derivable de T cuando se la suplementa con las funciones de reducción especificadas en 1).

3) T^* corrige a T haciendo que sus predicciones sean más precisas que las de T .

4) T' es explicada por T , en eso T' y T^* son fuertemente análogas, y T indica el porqué T' funciona tan bien tanto en el dominio de validez de T como en su propio dominio de validez.

6.4.- El problema de las propiedades emergentes

Se suele decir que ciertas propiedades de un sistema físico complejo son emergentes cuando no son propiedades de los constituyentes de ese sistema tomados cada uno en forma aislada o cuando no resultan de la mera suma de las propiedades de las partes.

Si los constituyentes de ese sistema físico complejo son distintos entre sí, la doctrina de la emergencia resulta bastante trivial: ninguno de los distintos componentes de un reloj tendrá la propiedad de dar la hora. De modo que dejaremos de lado los sistemas físicos heterogéneos, y aún las mezclas homogéneas de dos o más componentes, para referirnos a las sustancias. Las unidades más pequeñas de las sustancias que conservan sus propiedades¹⁶ químicas son las moléculas de aquellas especies que son gaseosas (o fluidos volátiles) y las celdas elementales de los cristales (ya sean iónicos, moleculares, covalentes o metálicos). Para abreviar, a estas unidades más pequeñas que definen a las sustancias las llamaremos “partículas últimas”.

Las partículas últimas de una sustancia tienen algunas propiedades que cumplen con una aditividad rigurosa. Así la masa de una sustancia es igual a la suma de las masas de todas sus partículas últimas; la carga eléctrica positiva de un cristal iónico es igual a la suma de todas las cargas eléctricas de los cationes presentes en el cristal, el vector cantidad de movimiento de una masa fluida en movimiento está dado por la suma de todos los vectores cantidad de movimiento de sus partículas últimas. Lo mismo ocurre con la energía potencial de una masa de sustancia, etc. Otras propiedades no son aditivas, pero en algunos casos la propiedad es asignable a las partículas últimas. Así,

¹⁶ Entendiendo por propiedad, todo atributo de un material que se puede cuantificar y establecer objetivamente ya sea por una medición o por una asignación en una escala convencional.

por ejemplo, le podemos asignar la propiedad “volumen” tanto a una masa finita de flúor — por ejemplo, un mol — como a una molécula individual de ese gas¹⁷.

Pero hay propiedades que, teniendo sentido para una masa finita de sustancia, no son asignables a ninguna de sus partículas últimas. Una molécula aislada carece de punto de fusión, de índice de refracción, de coeficiente de elasticidad, de tensión superficial, etc. A las propiedades que se caracterizan por ser definibles para cantidades macroscópicas pero imposibles de definir para partículas últimas las denominaremos “propiedades emergentes absolutas”.

Sobre la base de lo que acabamos de exponer, la temperatura de una sustancia es una propiedad emergente absoluta, ya que no se le puede asignar temperatura a ninguna de sus partículas últimas.

Entre todos los sistemas físicos materiales, son de particular interés los llamados “sistemas hidrostáticos”. Se llama sistema hidrostático¹⁸ a todo sistema de composición constante que — en ausencia de campos eléctricos o magnéticos y despreciando la acción del campo gravitatorio terrestre — ejerce sobre su medio ambiente una presión hidrostática constante. Estos sistemas se suelen clasificar en tres categorías:

- a) Una sustancia pura al modo de agregación sólido, líquido o gaseoso, o una sustancia pura en dos o tres modos de agregación.
- b) Una mezcla homogénea de sustancias distintas sea sólida, líquida o gaseosa.
- c) Una mezcla heterogénea, como puede ser una mezcla de diferentes gases en contacto con una mezcla de diferentes sustancias al estado líquido.

Para que un sistema sea hidrostático, debe estar en equilibrio mecánico, químico y térmico. Esta última condición implica que la temperatura de todas sus partes debe ser la misma.

Los sistemas hidrostáticos de masa y composición definidas se caracterizan porque todas sus propiedades pueden describirse conociendo sólo tres de ellas, su volumen, su presión y su temperatura. Como la temperatura es una propiedad del sistema hidrostático que no puede asignarse a ninguna de las partículas últimas presentes en él, concluimos que la temperatura no es sólo una propiedad emergente absoluta de las sustancias puras, sino que lo es de *todos los sistemas hidrostáticos*.

¹⁷ En este caso, la Mecánica cuántica establece que la molécula tiene simetría esférica con un radio de 142 pm , lo que da para la molécula un volumen, aproximado, de $1,2 \times 10^{-29}\text{m}^3$ o de $7,2 \times 10^{-6}\text{m}^3$ para un mol.

¹⁸ Para una descripción más detallada de los sistemas hidrostáticos, véase **Zemansky, M. W., Dittman, R. H.**; *Heat and Thermodynamics*, Seventh edition, McGraw- Hill Internacional Editions, New York (1997) p.p. 32 – 35.

6.5.- ¿Es posible una reducción ontológica de la Termodinámica a la Mecánica Clásica?

Para analizar la posibilidad o no de una reducción ontológica de la Termodinámica a la Mecánica (Clásica o Estadística) conviene precisar qué son ambas teorías y cuáles son los conceptos que requieren de “relaciones apropiadas” para que la reducción tenga lugar.

La Termodinámica se ocupa de cuantificar los intercambios de energía que experimenta un *sistema hidrostático* con su entorno y de los efectos que esos intercambios producen tanto en el sistema como en el medio que lo rodea. Si bien, durante esos intercambios de energía, el sistema no se encuentra en equilibrio mecánico, químico o térmico, tanto para las conclusiones teóricas como para los cálculos de las variaciones de todas las propiedades involucradas sólo basta que sean de equilibrio los estados inicial y final.

La Mecánica se ocupa de cuantificar el resultado de las fuerzas que se ejercen sobre los cuerpos en reposo o en movimiento.

Si bien ambas teorías usan términos como “sistema” o “energía”, éstos tienen una acepción diferente en cada ciencia.

En Mecánica, un sistema físico material es cualquier porción del Universo que se escoge para su estudio a condición de que tenga masa y cualquiera sea el valor de dicha masa.

La Termodinámica estudia los “sistemas hidrostáticos termodinámicos”, o simplemente, “sistemas termodinámicos”. Además de las características mencionadas anteriormente, un sistema de tal clase es una porción del Universo físico que se escoge arbitrariamente para su estudio que:

1) tiene una masa que es detectable mediante el instrumental adecuado. Para cada sistema particular la masa debe tener un valor mínimo, por debajo del cual las fluctuaciones de ciertas características del sistema pueden ser importantes e inducir a errores en sus determinaciones.

2) está encerrado por una superficie geométrica perfectamente establecida, usualmente llamada su frontera.

Entre los múltiples ejemplos que diferencian a los sistemas mecánicos de los termodinámicos podemos citar:

Un sistema hidrostático, que evoluciones entre dos estados de equilibrio por absorción de radiación ultravioleta es un sistema termodinámico, pero no un sistema mecánico.

El contenido de un tubo de rayos catódicos que, a temperatura ambiente, tiene aire a una presión de 10^{-6} torr puede considerarse un sistema mecánico pero su masa es tan pequeña que no permiten calificarlo como sistema termodinámico

Un microgramo de un material cualquiera, colocado en el interior de un vaso es un sistema termodinámico si se encuentra en equilibrio y si se establecen sus límites, por ejemplo, que sean las paredes, el fondo del vaso y la superficie plana que cubre la boca del recipiente.

El Universo, que es el sistema material más común usado en Cosmología, carece de límites definidos. Por lo tanto, no es un sistema termodinámico.

La Mecánica tiene una concepción bastante limitada del concepto de energía. De hecho, en la primera edición en inglés de los *Principia* de Newton, traducida por Andrew Motte en 1729 de la segunda edición en latín, no figura la palabra “energía”¹⁹. Esta ciencia reconoce energía de movimiento y energía debida a la posición en un campo de fuerzas. Esto lleva a que algunos autores definan energía como “la capacidad de producir trabajo”²⁰. Irónicamente podría preguntarse: Si es una capacidad, ¿entonces se expresa en litros o en faraday?

Para la Termodinámica, el concepto de energía representa una combinación de un esfuerzo empleado para vencer la resistencia a un tipo de cambio y la magnitud del cambio producido. Esa combinación describe cualitativamente todas las formas de energía conocidas.

El esfuerzo involucrado se mide cuantitativamente por lo que, en Termodinámica, se ha definido como *fuerza impulsora* o *variable impulsora*. Una variable impulsora es una coordenada que tanto causa como controla la dirección del cambio de otra coordenada. El valor cuantitativo de este cambio se llama *desplazamiento*. El producto de una variable impulsora y el desplazamiento asociado representa siempre una

¹⁹ La palabra “energía” fue introducida al lenguaje de la Física en 1855 por el ingeniero escocés William John Macquom Rankine en su libro *Outlines of the Science of Energetics*. Anterior es el término de trabajo mecánico, creado por los franceses G. Coriolis y J. J. Poncelet, hacia 1825. Este último propuso como unidad de trabajo mecánico al kilográmetro.

²⁰ Paul G. Hewitt, en la 2ª. edición de su libro *Física conceptual* (Addison-Wesley Iberoamericana Wilmington, Delaware; 1995), afirma: Este “algo” que permite a un objeto realizar trabajo se llama *energía*. (página 115)

cantidad de energía, pero en Termodinámica esta cantidad sólo tiene sentido con relación a un sistema específicamente definido.

En toda aplicación cuantitativa de la Termodinámica es necesario hacer una distinción cuidadosa entre cambios de energía dentro de un sistema, en el entorno o la energía en transición entre ellos. Esto resalta la necesidad de definir con precisión los límites de todo sistema termodinámico y establecer una diferencia con el concepto de energía mecánica y de trabajo que emplea la Mecánica. Mientras que, en Mecánica, la variable impulsora es una fuerza (en el sentido newtoniano) y el desplazamiento es un cambio en la posición de un cuerpo o de un punto material, en Termodinámica, la variable impulsora puede ser el potencial químico de un componente i y el desplazamiento un cambio en el número de moles de dicho componente. En otros casos, la variable impulsora puede ser la presión y el desplazamiento un cambio en el volumen del sistema, etc.

Además de la energía, hay otra propiedad central de la Termodinámica: *la temperatura*. En todo sistema termodinámico, la temperatura es una propiedad emergente absoluta y hasta ahora ha sido imposible establecer lo que Nagel llama una “relación apropiada” que permitiría expresar la temperatura de un sistema en términos de las propiedades mecánicas del mismo.

Todos los intentos de definir temperatura en términos de propiedades mecánicas que sean aplicables a *cualquier sistema* han fallado.

Una de las diferencias más importantes entre la Mecánica y la Termodinámica radica en que, de acuerdo con las leyes de la Dinámica, todos los procesos mecánicos son, en principio, reversibles. En cambio, todos los procesos termodinámicos que ocurren espontáneamente son irreversibles.

Volvamos al tema de la reducción y a la afirmación de Nagel de que “la incorporación de la Termodinámica a la Mecánica — más exactamente, a la Mecánica Estadística — y la teoría cinética de la materia...” es un ejemplo típico de reducción heterogénea.

Lo que Nagel llama “teoría cinética de la materia” debe llamarse “teoría cinética del gas ideal” o, con mayor precisión, “teoría cinética del gas ideal monoatómico”, ya que no es aplicable a fases condensadas. Esta teoría surge de un desarrollo que realizó Daniel Bernoulli en el Capítulo X de su *Hydrodynamica* según el cual, a partir de la observación de que los gases no se depositan en el fondo del recipiente que los contiene se infiere que:

- 1) Las partículas que forman el gas deben estar en continuo movimiento.

2) Los choques entre las partículas gaseosas entre sí o con las paredes del recipiente que los contiene deben ser perfectamente elásticos de modo que se conserve la cantidad de movimiento.

3) Esas partículas deben comportarse como esferas rígidas. De esto se deriva que la energía total de cada partícula se computa como energía cinética.

4) La presión que ejerce un gas sobre las paredes del recinto que lo contiene, es el resultado de los múltiples choques de las partículas contra dichas paredes.

5) Entre dos choques consecutivos las partículas se desplazan con movimientos rectilíneos y uniformes.

6) La interacción con el campo gravitatorio terrestre es despreciable.

Mediante un tratamiento cuantitativo que puede encontrarse en cualquier libro de la especialidad²¹ se encuentra que para un conjunto N de moléculas monoatómicas que tienen una energía cinética media $\bar{\epsilon}$

$$pV = \frac{2}{3}N\bar{\epsilon} \quad (1 - 4)$$

Comparando la ecuación (1 - 4) con la ecuación general de estado de los gases ideales

$$pV = nRT \quad (1 - 5)$$

debería cumplirse que, *para un gas monoatómico*, nRT depende de la energía cinética media de la N moléculas. Es decir

$$nRT = \frac{2}{3}N\bar{\epsilon} \quad (1 - 6)$$

Como el número de moles está vinculado al número de moléculas por la expresión

$$n = \frac{N}{N_A}$$

donde N_A es el Número de Avogadro

$$y \quad RT = \frac{2}{3}N_A\bar{\epsilon}$$

$N_A\bar{\epsilon}$ representa la energía cinética media de un mol de gas ideal, E_c

²¹ Véase, por ejemplo, **Glasstone, S., Lewis, D.**; (1961) *Elementos de Química Física*. Ed. Médico-quirúrgica. Buenos Aires.

$$E_c = \frac{3}{2}RT \quad (1 - 7)$$

La ecuación (1– 7), que resulta de conectar un resultado empírico, — la ecuación de estado de un gas ideal — con la teoría cinética suministra una interpretación de la temperatura absoluta. Expresa que la energía cinética media *de un gas ideal monoatómico* es directamente proporcional a la temperatura absoluta. Esta ecuación vincula una *propiedad mecánica* de las moléculas de un gas monoatómico con una *propiedad termodinámica* del conjunto de esas moléculas. Con ello, Nagel pretendió demostrar que hay una reducción ontológica de la Termodinámica a la Mecánica. Pero para ello debería demostrar que la temperatura de *cualquier* cuerpo es directamente proporcional a su energía cinética. O lo que sería equivalente, cuando un cuerpo está en reposo, por ejemplo, un cristal, su temperatura absoluta es cero.

Que la temperatura absoluta sea una medida o indicador de cierta propiedad de un gas hipotético no significa una “definición de temperatura”, sino solamente una relación entre una propiedad mecánica de un determinado tipo de sistema y una propiedad termodinámica aplicable a cualquier tipo de sistema.

Los gases se comportan idealmente, — es decir, cumplen con la ecuación (1 – 5) — sólo en ciertos intervalos de presiones y temperaturas. En esos intervalos no importa si el gas es monoatómico, diatómico o poliatómico, si es una sustancia (simple o compuesta) o si es una mezcla de gases. Pero la relación (1 – 4) *sólo es válida para gases ideales monoatómicos*²². De modo que es incorrecto extrapolar una proporcionalidad directa entre temperatura absoluta y energía cinética media de cualquier gas ideal. Menos aún para gases reales.

Tomemos, por caso, a ecuación de *Benedict-Webb-Rubin*²³ propuesta en 1940 donde la presión **P** viene dada por

$$P = \rho RT + \left(B_0 RT - A_0 - \frac{C_0}{T^2} \right) \rho^2 + (bRT - a) \rho^3 + \alpha a \rho^6 + \frac{c \rho^3}{T^2} (1 + \gamma \rho^2) \exp(-\gamma \rho^2)$$

En la que ρ es la densidad molar del gas y en la que hay once parámetros de mezcla (**A**₀, **a**, α , **B**₀ ...) cada uno de ellos definido por una determinada ecuación.

²² De la gran cantidad de sustancias que son gaseosas a presiones y temperaturas ambientales, sólo seis son monoatómicas: helio, neón, argón, criptón, xenón y radón. Este último es radiactivo por lo que, en un sistema aislado no mantiene constante sus propiedades. Además, en condiciones ambientales, no todos los gases se comportan idealmente.

²³ **Benedict, M, Webb, G.B., Rubin, L.C.** *An Empirical Equation for Thermodynamics Properties of Light Hydrocarbons and their Mixtures I.J. Chem Physics* 8 334 (1940).

o la ecuación de *Peng-Robinson*,²⁴

$$p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a\alpha}{V_m^2 + 2bV_m - b^2}$$

En la que V_m es el volumen molar, a y b son constantes específicas de cada sustancia gaseosa que se deben calcular a partir de sus magnitudes críticas y α viene dada por

$$\alpha = \left[1 + (0.37464 + 1.54226\omega - 0.26992\omega^2)(1 - T_r^{0.5}) \right]^2.$$

Por lo que encontraremos que en ninguna de esas ecuaciones de estado se puede establecer una proporcionalidad directa entre la energía cinética y la temperatura absoluta como la que se obtiene a partir de las ecuaciones (6 – 4) y (6 – 5).

Un ejemplo más contundente que demuele la “reducción ontológica” propuesta por Nagel es el siguiente: En un recipiente se coloca yodo sólido a una cierta temperatura y se deja que alcance el equilibrio térmico con su vapor. En este nuevo estado, las moléculas del vapor tienen una cierta energía cinética media de traslación, pero las moléculas de yodo en la fase sólida carecen de energía cinética de traslación y, a pesar de ello, ambas fases están a la misma temperatura.

Desde que, en 1872, Ludwig Boltzmann presentara su famoso “Teorema H ” en el que trataba de conciliar el Segundo Principio de la Termodinámica con los principios de la Mecánica, diversos autores han tratado de reducir la Termodinámica a la Mecánica. Todos sus intentos han fallado.

En 1908, Henri Poincaré hizo un estudio detallado sobre la posible “reducción de los principios de la Termodinámica a los principios generales de la Mecánica”²⁵ demostrando que si bien se pueden encuadrar para transformaciones reversibles es imposible lograr la reducción para transformaciones irreversibles. Se dirá, sin embargo, que los termodinámicos usan (y abusan) de la Mecánica Estadística. Por supuesto que sí, pero no de la de Boltzmann sino de la de Josiah Willard Gibbs, (1839 – 1903) quien en 1902 escribiera una obra monumental llamada *Elementary Principles in Statistical Mechanics* ²⁶.

²⁴ Peng, D. Y., Robinson, D. B. *A new Two-constant Equation of State Industrial and Engineer Chemistry Fundamentals* 15 (I)59 (1976)

²⁵ Poincaré, H. (1908) : *Thermodynamique*. Gauthier-Villars. París. pp. 419 – 450.

²⁶ Williard Gibbs, J. (1902). *Elementary Principles in Statistical Mechanics*. Scribner. New York. Publicado por Dover Publications Inc. New York (1961).

Para analizar el comportamiento macroscópico de la materia en vez de utilizar la distribución de energías de las partículas últimas de un sistema, Gibbs utilizó en concepto de “*ensamble*” o “*conjunto de sistemas*” e introdujo en la Termodinámica dos postulados adicionales.

Un “conjunto de sistemas” es, simplemente, una colección (mental) de un gran número N de sistemas, cada uno construido para ser una réplica de un nivel termodinámico (macroscópico) del sistema termodinámico real cuyas propiedades se quieren investigar.

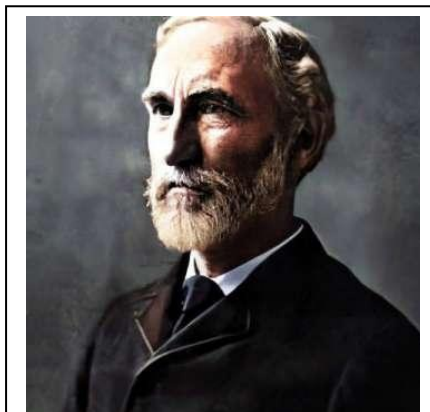


Fig. 6.7. J, W. Gibbs

El método de Gibbs permite resolver muchísimas cuestiones que la Termodinámica Clásica no podía. Pero no es una reducción de la Termodinámica a la Mecánica sino sólo un análisis estadístico de las propiedades termodinámicas de los sistemas.

Además, Gibbs aclaró:

*“The enunciation and proof of these exact laws, for systems of any finite number of degrees of freedom, has been a principal object of the preceding discussion. But it should be distinctly stated that, if the results obtained when the numbers of degrees of freedom are enormous coincide sensibly with the general laws of thermodynamics, however interesting and significant this coincidence may be, we are still far from having explained the phenomena of nature with respect to these laws. For, as compared with the case of nature, the systems which we have considered are of an ideal simplicity. Although our only assumption is that we are considering conservative systems of a finite number of degrees of freedom, it would seem that this is assuming far too much, as far as the bodies of nature are concerned. The phenomena of radiant heat, which certainly should not be neglected in any complete system of thermodynamics, and the electrical phenomena associated with the combination of atoms, seem to show that the hypothesis of systems of a finite number of degrees of freedom is inadequate for the explanation of the properties of bodies.”*²⁷

²⁷ El principal objetivo de la precedente discusión ha sido la enunciación y prueba de esas leyes exactas, para sistemas de cualquier número finito de grados de libertad. Pero debe afirmarse claramente que si bien los resultados obtenidos, cuando los números de grados de libertad son enormes, coinciden sensiblemente con las leyes generales de la Termodinámica, cualquiera sea lo interesante y significativo de esta coincidencia, estamos aún muy lejos de haber explicado los fenómenos de la naturaleza en lo concerniente a esas leyes. Ya que, comparados con los casos que se dan en la naturaleza, los sistemas que hemos considerado son de una simpleza ideal. A pesar de que nuestro único supuesto es que consideramos sistemas conservativos de un

Resumiendo:

- El concepto de sistema material es diferente en Termodinámica que en Mecánica. Mientras la Mecánica admite sistemas sin límites definidos, la carencia de tales límites hace que un sistema no sea termodinámico.

- En Mecánica, el concepto de energía está restringido a la provocada por fuerzas newtonianas que impulsan movimientos, deformaciones o cambios posicionales en campos gravitatorios. En tanto la fuerza y el desplazamiento sean colineales, la energía generada tiene el mismo significado cualquiera sea el punto de aplicación de la fuerza. En Termodinámica energía es el producto de una variable impulsora (propiedad intensiva) por un cambio en otra propiedad (extensiva), cambio llamado desplazamiento. El concepto de energía sólo adquiere significado respecto de un sistema termodinámico considerado.

En consecuencia: Si bien, ambas disciplinas emplean los términos “sistema” y “energía”, cada uno de ellos tiene significado diferente según la disciplina que lo expresa. Para expresarlo en el lenguaje de Thomas Kuhn, “sistema” y “energía” son términos “inconmensurables”

Hemos visto que la temperatura es una propiedad característica de los sistemas termodinámicos que es emergente, puede cuantificarse para el sistema, pero no puede aplicarse a las partículas últimas que lo constituyen. Como medida de la energía cinética media de traslación de las moléculas, es sólo aplicable a gases ideales monoatómicos y es incorrecto afirmar que la temperatura de cualquier cuerpo es una medida de su energía cinética de traslación. En términos físicos, un gas ideal es aquel que cumple con la ley de Boyle – Mariotte a cualquier presión y temperatura. Como a una temperatura lo suficientemente baja, todos los vapores condensan, los gases ideales no existen.²⁸ Por consiguiente, la extensión de la aplicación del concepto de temperatura que hacen Nagel y otros epistemólogos es incorrecta. No existe manera de definir temperatura en términos de propiedades mecánicas. En consecuencia, no hay una “regla adecuada” o “ley puente” que traduzca este concepto termodinámico al lenguaje de la Mecánica.

número finito de grados de libertad, parecería dar por sentado demasiadas cosas en lo que respecta a los objetos de la naturaleza. Los fenómenos de energía radiante, que ciertamente no pueden despreciarse en ningún sistema completo de Termodinámica, y los fenómenos eléctricos asociados con la combinación de átomos, parecen mostrar que la hipótesis de sistemas con un número finito de grados de libertad es inadecuado para la explicación de las propiedades de los cuerpos. **Williard Gibbs, J.;** .*op. cit.* p.p. 166 - 167.

²⁸ Si los gases ideales son aquellos en los cuales las moléculas no interactúan, la característica de la idealidad es ser independiente de la naturaleza. La mecánica estadística no puede explicar porqué, si se mezclan isotérmica e isobáricamente dos gases ideales aumenta la entropía.

•En Mecánica, todos los movimientos provocados por alguna fuerza son — en principio — reversibles. En Termodinámica, los cambios impulsados por fuerzas, o magnitudes derivadas, suelen ser irreversibles.

En consecuencia, *ni la Mecánica Clásica, ni la Mecánica Estadística de Boltzmann, reducen a la Termodinámica Clásica.*

•La Mecánica Estadística de Willard Gibbs trata de los *ensambles* formados por múltiples sistemas *macroscópicos* que replican al sistema termodinámico real y a su entorno. Con el auxilio de dos postulados adicionales hace un estudio estadístico de esos sistemas termodinámicos imaginarios para encontrar los valores absolutos (y no las variaciones) de las funciones termodinámicas. Pero el método tampoco puede encontrar una relación que tenga validez general entre temperatura y propiedades mecánicas microscópicas. Además, el mismo Gibbs reconoció las limitaciones de la aplicación de su método a sistemas naturales complejos o a aquellos sistemas en los que se verifican fenómenos eléctricos o de radiación.

Dada la emergencia absoluta de la temperatura, no hay una ley puente que establezca una relación de reducción entre ambas teorías.

Podemos afirmar, entonces, que hay una relación interteórica muy estrecha entre Termodinámica Clásica y Termodinámica Estadística. Muchos términos teóricos pueden reducirse de la primera a la segunda, aunque no existe una reducción ontológica completa.

6.6.- Bibliografía:

Feyerabend, P.K., (1962): "Explanation, reduction, and empiricism", in H. Feigl and G. Maxwell (eds), *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, volume 3, pages 28–97. D. Reidel Publishing Company.

Glasstone, S., Lewis, D., (1961): *Elementos de Química Física*. Editorial Médico Quirúrgica. Buenos Aires.

Klimovsky, G., (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J., (1994): *La estructura del conocimiento científico*. 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

Nagel, E., (1981): *La estructura de la ciencia*. Editorial Paidós. Barcelona.

Poincaré, H. (1908): *Thermodynamique*. Gauthier-Villars. París. pp. 419 – 450.

Sklar, L., (1967), "Types of Intertheoretic Reduction", *The British Journal for the Philosophy of Science*, Volumen 18, N° 2, agosto de 1967, pp. 109–124.

VII.- FUNCIONES TEÓRICAS VS. NO TEÓRICAS. TÉRMINOS OBSERVACIONALES Y TEÓRICOS.

7.1.- Filosofía de la ciencia y análisis lógico.

Es imposible desligar a la filosofía de la ciencia del análisis lógico de las teorías científicas. La estructura lógica reemplaza lo que oscurece el lenguaje natural. Esta interpretación revela la índole íntima y la realidad lógica de una teoría por sobre la apariencia expresada por el lenguaje. El éxito obtenido al clarificar una expresión oscura reemplazándola por su análisis lógico, dio un impulso considerable a la escritura de las teorías científicas en forma lógica.

Uno de los primeros en recurrir a la Lógica para clarificar las teorías científicas fue Rudolf Carnap¹

El objetivo de Carnap era, por un lado, facilitar el entendimiento con toda claridad acerca de en qué consiste una teoría científica, libre de las oscuridades del lenguaje natural; y por otro, derivar — gracias a las reglas de inferencia aportadas por la Lógica, — los teoremas de la teoría en cuestión.

Además de los trabajos de Carnap, hubo otros intentos de clarificar ciencias mediante la Lógica. Entre ellos, el programa logicista del neopositivismo en ciencias empíricas, de Gottlob Frege, Bertrand Russell y Alfred North Whitehead de reducir todas las matemáticas a la Lógica. Pero este programa no pudo evidenciar una reducción completa.

A mediados de la década de 1930 comenzaron los intentos para emplear la teoría informal de conjuntos como lenguaje de la ciencia. En 1935 un grupo de matemáticas franceses agrupados bajo el seudónimo de Nicolas Bourbaki inició la publicación de sus

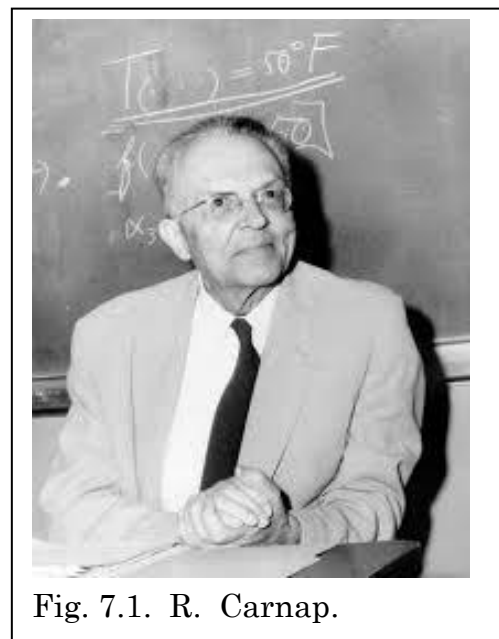


Fig. 7.1. R. Carnap.

¹ Rudolf Carnap (1891 – 1970) Filósofo alemán, fue un firme defensor del llamado positivismo lógico y un destacado miembro del Círculo de Viena de cuyo “manifiesto”, llamado “La concepción científica de mundo”, fue uno de los redactores. Con Hans Reichenbach fundó la revista filosófica *Erkenntnis*.

“Elementos de matemática” comenzando a reescribir las distintas ramas de la Matemática, — Álgebra, Topología general, Funciones de variable real, Espacios vectoriales, etc. —, en el lenguaje de los conjuntos dando así nacimiento a las matemáticas modernas y logrando lo que el logicismo matemático no había podido.

Carnap buscaba un lenguaje común para toda la ciencia, un vocabulario que hablara de objetos materiales interconectado rigurosamente por la lógica. De esta manera, cualquier estudioso, conociendo este lenguaje podría entender lo realizado en cualquier campo de la ciencia, superándose las fronteras que las especializaciones habían introducido merced a sus lenguajes diferenciados, configurando una torre de babel en la que cada rama de la ciencia permanecía aislada de las demás. Esta utopía “carnapiana” se había mostrado posible para las matemáticas. Patrick Suppes fue quien propuso,



Fig. 7.2. P. Suppes.

entonces, que el instrumento para analizar la ciencia empírica sea la teoría informal de conjuntos y lo ejemplificó formalizando la Mecánica Clásica de Newton. Desde entonces, muchos filósofos intentan hacer realidad el sueño de Carnap con los medios de Bourbaki. Así se han formalizado múltiples teorías en las que se han vuelto comprensibles sus evoluciones históricas.

El procedimiento que se sigue es denominado “Axiomatización por predicado conjuntista”. Este método cuyo enfoque es el de Suppes no pregunta “cómo” son las leyes de la ciencia, sino “cuáles” son los “elementos” de una teoría. Este enfoque está en línea con la idea de conjuntos donde lo que importa son los elementos que forman parte del conjunto y cada conjunto se define por la clase de cosas que abarca.

Antes se buscaba la forma lógica de una teoría y, por deducción, se llegaba al nivel del individuo. Ahora se intenta comprender qué es un elemento de una determinada teoría, por ejemplo: qué es un elemento de la mecánica clásica, y de estos elementos se llega al conjunto de todos los elementos, que simplemente, es la teoría en cuestión.

La definición de una teoría efectuada mediante la teoría de conjuntos constituye la axiomatización.

Para determinar a un elemento X de una teoría, se debe señalar el Dominio que comprende a los elementos del conjunto y las funciones que les corresponden.

La ciencia empírica es mucho más compleja que las teorías matemáticas que sirvieron de ejemplo para axiomatizar la Mecánica Clásica. En las ciencias empíricas existen funciones teóricas. Además, en el método de axiomatización conjuntista de las ciencias

empíricas no se indica cómo se relacionan estas entidades, las funciones teóricas, con aquello que se encuentra más allá de la teoría, con la realidad. Considerar la teoriedad de ciertas funciones como las conexiones de la teoría con la realidad nos introduce en el llamado programa de la concepción estructural.

Uno de los puntos más problemáticos de la filosofía de la ciencia es el que se refiere a la distinción entre los términos que integran el vocabulario científico. En un principio, el neopositivismo pensó que todo el lenguaje que cabía encontrar en la ciencia era uno de términos observacionales básicos que designaban objetos y propiedades observables, por ejemplo, mesa, rojo, elefante, etc. Pronto se vio que no era así, sino que además de esos términos existían otros que eran casi su carácter distintivo, términos que no tenían ningún correlato con objetos observables y que eran inventados por la ciencia. A estos se los denominó términos *teóricos*, tales como masa, valencia, quark, campo de fuerzas, superyó, etc. Era necesario relacionar cada término teórico con alguno o algunos de los observacionales, usando las herramientas de la Lógica. Pero reducir los términos teóricos a observacionales implicaba abandonar las líneas de investigación abiertos por ellos.

Popper esquivó la distinción teórico – observacional mediante el recurso de suponer que todo vocablo reviste el carácter de hipotético. Para él, no sólo las leyes de la ciencia eran hipótesis falibles, sino que también lo eran los vocablos con los que se forman las leyes y los enunciados básicos. Dado que tanto los términos teóricos como los observacionales son hipotéticos no hay entre ellos una diferencia de género.

Ahora bien, también los observacionales difieren entre sí debido a que se captan mediante teorías interpretativas complejas o primitivas que no se cuestionan salvo en situaciones de excepción. Análogamente, un concepto teórico también se torna “visible” si se acepta la teoría que habla de él. Un psiquiatra “ve” una paranoia donde otros ven a una persona desconfiada. Por eso es que Carnap dijo que la división entre lo teórico y lo observacional es convencional. Gustav Hempel, a su vez, dijo que dicha frontera depende del estado de la ciencia en una época determinada.

Joseph Sneed, iniciador de la concepción estructural de la ciencia, estableció un criterio de identificación de lo teórico. Postuló que lo teórico dependerá de la teoría que se considere y es una función cuya identificación solo puede efectuarse en un modelo de la teoría, es decir, suponiendo la validez de la misma. Así, el término teórico “masa” de la Mecánica newtoniana se puede medir, transformándolo en observable mediante el uso de la balanza de platillos, presuponiendo que dicha balanza representa un modelo exitoso de la mecánica newtoniana donde la función fuerza posee una determinada expresión.

Surgen así dos criterios de teoriedad:

Un “criterio débil”, según el cual un término es *T*–teórico (teórico en la teoría *T*) si es propio de dicha teoría, reservando la denominación de *T*–no–teórico (no teórico en la

teoría T) cuando proviene de otra teoría, reemplazando de esta manera la oposición teórico – observacional.

Un “criterio fuerte”. Según este criterio, para llamar “ T -teórico” a un término, es necesario que la única manera de identificar a la propiedad que lo denota sea en una aplicación exitosa de la teoría en cuestión.

En la concepción estructural de la ciencia la distinción entre términos se establece entonces entre términos teóricos y no teóricos, analizando el rol que juegan funcionalmente en cada teoría, evitando así la tradicional división epistemológica de observacional y teórico que supone conflictividad.

La principal dificultad que enfrentaron los epistemólogos que intentaron formalizar las ciencias mediante un enfoque sintáctico, basado sobre consideraciones lingüísticas, fue que al afirmar que las teorías son entidades lingüísticas, dos formulaciones distintas de una misma teoría debían ser consideradas teorías distintas. Así, por ejemplo, desde el enfoque sintáctico, las formulaciones lagrangiana y hamiltoniana de la mecánica clásica de partículas deberían considerarse como dos teorías distintas.

El enfoque semántico supera este inconveniente asimilando una teoría con una entidad no lingüística.

Una teoría es un conjunto de modelos.

Para el estructuralismo epistemológico, una teoría es un conjunto de modelos, es decir, de aquellas entidades que satisfacen los axiomas de la teoría $T = \langle M \rangle$, ahora debemos hacer una subdivisión entre los Modelos los cuales formarán parte del conjunto K al que llamaremos “núcleo teórico”.

Los primeros que mencionamos son aquellos en los que se consideran solo los Dominios y las funciones no-teóricas y se llaman “modelos parciales posibles” M_{pp} .

Si a estos M_{pp} les añadimos las funciones teóricas, los transformamos en “modelos potenciales” M_p .

Cuando agregamos a los modelos potenciales M_p las leyes generales que nos dan la posibilidad de hacer predicciones correctas llegamos al “modelo completo” M de la teoría.

Resumiendo, el núcleo teórico de una teoría no está formado sólo por modelos, sino que poseerá modelos parciales posibles, modelos potenciales y modelos. Formalmente:

$$K = \langle M_{pp}, M_p, M \rangle.$$

Por último, al existir en las teorías múltiples modelos debe incorporarse al núcleo estructural una condición de ligadura C que exprese la interconexión. Las condiciones

de ligadura relacionan y transforman al conjunto de los modelos en un sólido entramado. Así la totalidad de los elementos del núcleo teórico de una teoría son:

$$K = \langle M_{pp}, M_p, M, C \rangle$$

7.2.- ¿De qué hablan las teorías?

Las teorías son estructuras que se aplican a la realidad, a entidades que le son exteriores. La estructura conjuntista nos brinda un lenguaje abstracto que debe darle contenido al núcleo teórico. Para darle ese contenido realizamos una maniobra semántica que resume la relación entre lo que es teoría y lo que no lo es.

Esta manipulación, la hace Sneed expresando a las teorías como

$$T = \langle K, I \rangle$$

donde K es el núcleo teórico antes definido, e I es el conjunto de las aplicaciones empíricas propuestas de la teoría. Estas aplicaciones son aquellos sistemas reales de los que tiene sentido preguntarse si pueden ser modelos de la teoría, descritos sólo por sus funciones no teóricas. Un individuo cualquiera no puede ser modelo de la teoría, sino que, para serlo, debe ser uno con determinadas funciones no teóricas. Un ser humano por el simple hecho de serlo no es candidato a ser modelo de la teoría sobre un cuadro infeccioso; debe presentar determinados signos y síntomas.

Los Modelos parciales posibles M_{pp} son los que incluyen a los individuos y a las funciones no teóricas. Por lo tanto, los I son un subconjunto de los M_{pp} , es decir, aquellos modelos posibles que lo son en la realidad. En esta concepción estructural, la realidad, es decir, lo empírico, no es algo externo a la teoría, sino que es parte de ella.

Un conjunto se determina o bien por enumeración de sus miembros –descripción *extensional*– o bien dándose unas condiciones para caracterizar su pertenencia — determinación *intensional*,² — esto es, que independientemente del efectivo conjunto de objetos a los que se aplique, especifica por definición o significativamente las propiedades o atributos conceptualmente requeridos para pertenecer a ese conjunto. Mientras que los conjuntos extensionalmente enumerables son totalmente cerrados, es decir, en él ya están todos sus miembros, los conjuntos intensionales poseen la cualidad de ser abiertos: el número de sus miembros permanece indefinido, puede crecer o disminuir. El conjunto I de aplicaciones propuestas es un conjunto intensional, abierto, que refleja el desarrollo

² No confundir con su parónimo “intencional”.

histórico real de las teorías, a las que constantemente se están incorporando nuevos modelos y eliminándose otros.

El contenido empírico de las teorías está dado por un conjunto de aplicaciones I , que debemos agregar al núcleo teórico so pena de dejarlo abstracto.

7.3.- Bibliografía.

Balzer, W. - Moulines, C.U. - Sneed, J., (1987): *An Architectonic for Science: the Structuralist Approach*. Reidel, Dordrecht.

Lorenzano, P., (2004): *Filosofía de la Ciencia*. U.N. de Quilmes. Bernal.

Diez, J. A. – Moulines, C.U., (1997): *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*. Ariel, Barcelona.

Sneed, J., (1986): “Problemas filosóficos en la ciencia empírica, un enfoque formal”, en *Estructura y desarrollo de las teorías científicas*, UNAM. México, pp. 179-214.

VIII.- LOS ORÍGENES DEL EMPIRISMO CIENTÍFICO.

8.1.- El empirismo científico.

El empirismo es una concepción filosófica que sostiene que todo conocimiento surge de la experiencia y que niega la posibilidad del conocimiento *a priori*, que es el conocimiento que se adquiere mediante el razonamiento deductivo sin recurrir a la experiencia.

Desde el punto de vista histórico, el término empirismo se aplicó a la corriente filosófica defendida principalmente por los filósofos ingleses de los siglos XVII, XVIII y XIX, entre los que se destacaron Francis Bacon, John Locke y David Hume. Los exponentes del empirismo se caracterizaron por una total oposición al racionalismo de filósofos como René Descartes, Baruch Spinoza o Gottfried Wilhelm Leibniz, quienes afirmaban que la mente es capaz de reconocer la realidad mediante su capacidad racional, una facultad que existe independiente de la experiencia.

Los empiristas que hemos mencionado influyeron en el pensamiento de muchos filósofos de la ciencia del siglo XX. Por ello consideramos conveniente referirnos brevemente a sus vidas y sus obras.

Bacon nació en Londres el 22 de enero de 1561. Estudió en el Trinity College de la Universidad de Cambridge. Desde muy joven participó en la política y fue electo diputado en 1584, actividad que desarrolló hasta 1614. Durante el reinado de Jacobo I aportó ideas para la unión de Inglaterra y Escocia y recomendó medidas para un acercamiento a la Iglesia católica apostólica romana. Por sus contribuciones, en 1603, fue nombrado caballero y comisario para la unión de Escocia e Inglaterra. Dos años después publicó “El avance del conocimiento”.

Entre 1613 y 1620, ocupó varios cargos importantes en el reino de Inglaterra, por lo que se le concedió el título de Barón de Verulam y vizconde de San Albans. En 1621, fue acusado de recibir sobornos, por lo que tuvo que abandonar toda actividad política. Un año antes había publicado su obra más importante *Novum Organum*. Falleció en Londres el 9 de abril de 1626.

Aristóteles consideraba que el razonamiento deductivo cumplía un papel preponderante en la Lógica debido a su carácter demostrativo. Sostenía que el uso del silogismo brinda un conocimiento que agrada más a la razón. En cambio, el razonamiento inductivo, si bien es una forma de llegar al conocimiento, agrada más al sentido común. Mientras que la argumentación inductiva es más frecuente y útil en la vida cotidiana, la argumentación deductiva ofrece el camino más seguro para llegar a la verdad. El planteamiento aristotélico tuvo una enorme influencia en el pensamiento medieval y en los cursos de filosofía se estudiaba la teoría del silogismo dejando de lado la argumentación inductiva.



Fig. 8.1. F. Bacon

Bacon que, estrictamente, no fue filósofo ni científico, efectuó duras críticas a la lógica aristotélica y a las orientaciones filosóficas preponderantes en su tiempo. Criticó lo que él llamaba “dialéctica” aristotélica puntualizando su inutilidad para el avance del conocimiento, ya que con ella es imposible llegar a descubrimientos sobre el mundo. Al respecto afirmó: *“La lógica hoy en uso sirve más para fijar y consolidar errores, fundados en nociones vulgares, que para inquirir la verdad; de tal modo que es más perjudicial que útil”*¹. Sostuvo que las aproximaciones al conocimiento basados sobre la lógica silogística no pueden probar los principios de la ciencia en que se fundamentan y están condenadas a dar vueltas en torno a una misma cantidad de conocimientos efectuando.

En el *Novum Organum*, Bacon sostuvo que el avance en el conocimiento de la naturaleza sólo se podría lograr mediante la inducción, pero que había dos caminos para hacerlo. A uno lo llamó “anticipaciones de la naturaleza”. Al otro camino, al que consideró mucho más eficaz, lo llamó “interpretaciones de la naturaleza”. Las diferencias entre ambos las puntualizó así:

“... no hay ni puede haber más que dos caminos para indagar y descubrir la verdad. El uno parte volando de los sentidos y de los hechos particulares a los axiomas más

¹ *Novum Organum*. Libro I, Aforismo 12.

*generales, y partiendo de estos principios y de lo que cree verdad inmutable en ellos, procede a la discusión y descubrimiento de los axiomas medios (y este es el camino en uso). El otro hace salir los axiomas de los sentidos y los hechos particulares elevándose continua y progresivamente para llegar, en el último lugar a los principios más generales; este es el camino verdadero, pero todavía no probado"*²

En cada uno de estos caminos el conocimiento parte de los sentidos, mediante la observación de los hechos (quedando así planteada la creencia en la imposibilidad de tener conocimientos *a priori*) pero para Bacon, el tratamiento que se le había dado anteriormente a la experiencia era erróneo, por su carácter desordenado y casual, y por el afán excesivo para llegar a proposiciones generales, errores que podían ser superados mediante un acercamiento sistemático a la experiencia.

Bacon puntualizó los inconvenientes para alcanzar proposiciones generales mediante la enumeración simple afirmando:

"... Pues la inducción que procede por la enumeración simple es una cosa pueril, sus conclusiones son precarias y expuestas al peligro de un hecho contradictorio y las más de las veces decide por un número de hechos menor de lo debido y por sólo aquellos que están a la mano" ³

Propuso que, en vez de la inducción por enumeración simple, debe utilizarse una "verdadera inducción" donde también se toman en cuenta los casos negativos:

"... mientras que la inducción que ha de ser útil para el descubrimiento de las ciencias y las artes debe analizar la naturaleza por las debidas eliminaciones y exclusiones; y luego, tras un número suficiente de negativas, concluir sobre hechos afirmativos" ⁴

Para el desarrollo de su método inductivo, Bacon planteó la necesidad de construir tres tablas a las que llamó "la tabla de presencia", "la tabla de ausencia" y "la tabla de grados". En la primera se debe hacer un inventario de los hechos donde aparece la naturaleza estudiada, tratando que estos sean de características muy variadas para lograr así el compendio más completo posible que pueda dar la experiencia. En la segunda tabla se deben recoger hechos donde la naturaleza estudiada no se presente, pero estos hechos deben ser similares a los recogidos en la primera tabla, para así eliminar aquellos casos donde se pueda contraponer un caso negativo. En la tercera tabla se deben encontrar casos donde la naturaleza crezca o decrezca y, utilizar la

² *Novum Organum*. Libro I, Aforismo 19.

³ *Novum Organum*. Libro I, Aforismo 105.

⁴ *Ibidem*. Aforismo 105.

inducción para estudiar y comparar cada uno de los resultados de las tablas anteriores. De esta manera se extrapola una generalización que excluye los casos negativos.

Obviamente para obtener una afirmación general consistente, en la cual queden excluidos todos los casos negativos, deberían obtenerse tablas totalmente completas. Razón por la cual Bacon propuso lo que llamó “indulgencia del entendimiento” o “esbozo de interpretación” donde, sobre la base de una amplia información recogida en las tres tablas, el entendimiento se aventura a formular una hipótesis general que describa un comportamiento o una regularidad.

8.3.- John Locke.



Fig. 8.2. John Locke

Nació el 29 de agosto de 1632 en Wrington (Somerset). Estudió en la Universidad de Oxford, donde dictó clases de griego, retórica y filosofía moral desde 1661 hasta 1664. En 1667 inició su relación con el político inglés Anthony Ashley Cooper, primer conde de Shaftesbury, de quien fue amigo, consejero y médico. Shaftesbury consiguió para Locke algunos cargos menores en el gobierno. En 1669, en el desempeño de una de sus funciones oficiales, Locke redactó una Constitución para los colonos de Carolina, en Norteamérica, que nunca llegó a ser aplicada. En 1675, después de que Shaftesbury hubiera perdido el favor de la corona, Locke se estableció en Francia. Regresó a Inglaterra en 1679, pero debido a su oposición a la Iglesia católica, que contaba con el apoyo de la monarquía inglesa en esa época, pronto tuvo que regresar al continente. Desde 1683 hasta 1688 vivió en los Países Bajos y tras la llamada Revolución Gloriosa de 1688 y la restauración del protestantismo, regresó de nuevo a Inglaterra. El nuevo

rey Guillermo III de Orange lo nombró ministro de Comercio en 1696, cargo del que dimitió en 1700 debido a una enfermedad. Falleció el 28 de octubre de 1704 en Oates.

El empirismo de Locke resaltó la importancia de la experiencia de los sentidos en la búsqueda del conocimiento, relegando a un segundo lugar la especulación intuitiva o la deducción. Mejoró la concepción baconiana al hacer un desarrollo más sistemático del empirismo en su *An Essay Concerning Human Understanding* escrito en 1666 pero publicado recién en 1690.

Locke consideraba que la mente de una persona en el momento del nacimiento es como “una tabula rasa, una hoja en blanco sobre la que la experiencia imprime el conocimiento”. Esa característica humana hacía que todos los hombres naciesen buenos, independientes e iguales. De esta manera, rechazó todas las teorías sobre las concepciones innatas a la vez que sostuvo la imposibilidad de que el hombre alcance la verdad únicamente mediante la intuición.

Su concepción sobre la igualdad de todos los hombres al nacer lo hizo criticar abiertamente la teoría del derecho divino de los reyes y la naturaleza del Estado monárquico. En sus *Tratados sobre el gobierno civil* (1690) sostuvo que la soberanía no reside en el Estado sino en la población y que se puede admitir una determinada forma de gobierno en tanto se respeten las leyes civiles y las naturales. Por ello, para él las revoluciones eran un derecho, y a veces una obligación, de los pueblos. Abogó por la separación de los poderes dándole mayor importancia al legislativo, sobre el ejecutivo y el judicial. También fue un firme defensor de la libertad religiosa y partidario de la separación de la Iglesia del Estado.

La influencia de Locke sobre la filosofía moderna ha sido muy grande y, con su aplicación del análisis empírico a la ética, política y religión, se convirtió en uno de los filósofos más importantes y controvertidos de todos los tiempos.

En su “Ensayo sobre el entendimiento humano”, Locke expresó sus opiniones sobre los fundamentos del conocimiento humano y advirtió su intención de realizar una “obra moralmente útil”. Esta obra fue concebida en pleno siglo de las luces, en una época caracterizada por un desarrollo enorme de las ciencias naturales donde los resultados empíricos de científicos como Boyle, Huygens, Hooke o Newton se producían bajo el lema de la Royal Society of London for Improving Natural Knowledge: “*Nullius in verba*” referida a la necesidad de obtener evidencias empíricas para el avance del conocimiento en vez de recurrir al criterio de autoridad, usado por los escolásticos.

Locke pensaba que la filosofía tenía que participar en estos importantes avances, dejando de lado la lógica deductiva aristotélica y rechazando toda interpretación escolástica del mejoramiento de la ciencia. Según él, las analogías y las relaciones entre los contenidos del conocimiento son los elementos que permiten la elaboración de instrumentos críticos capaces de eliminar los conocimientos erróneos. Desarrolló así un

empirismo analítico que se oponía a las teorías basadas sobre el conocimiento “a priori” y a las concepciones puramente mecanicistas.

Precisamente, en el primer libro del “Ensayo...”, Locke insistió en la necesidad de prescindir de consideraciones “*a priori*” confrontó las ideas de René Descartes, afirmando que no existen conocimientos innatos y que sólo debe ser tomada en cuenta la experiencia. En el segundo libro propuso que la sensación (o ideas de la sensación, las “impresiones hechas en nuestros sentidos por los objetos exteriores”) y la reflexión (o ideas de la reflexión, “reflexión del espíritu sobre sus propias operaciones a partir de ideas de sensación”), se fundamentan en la experiencia y en las ideas simples creadas por medio de la percepción inmediata derivada de las excitaciones que provienen de los objetos.

Para Locke, las ideas eran, ante todo, signos. Él distinguía las cualidades primarias (resultado del carácter objetivo de las cosas, como la solidez, la forma, la extensión, etc.) de las cualidades secundarias (resultado del carácter subjetivo, como el gusto, la belleza, la armonía, etc.). Los individuos tienen la capacidad de representar los objetos mediante signos, así como una voluntad libre para determinarlos. Para él, las ideas eran simples o complejas. Tanto la sensación o experiencia externa como la reflexión o experiencia interna nos brindan, en primer lugar, ideas simples, ante las cuales el intelecto se encuentra pasivo. Estas ideas simples son la materia prima de nuestro saber. Pero la mente puede combinarlas, relacionarlas o agruparlas, originando ideas complejas. En la formación de las ideas complejas, la actividad más importante es la abstracción. Mediante ella se separa una idea, o un conjunto de ideas, de las otras que la acompañan en su existencia real. Surgen de este modo las ideas universales que representan a muchísimas cosas particulares.

En el tercer libro se interesó por las relaciones entre el lenguaje y el pensamiento, en la formación intersubjetiva del conocimiento. Las palabras remiten a ideas generales que son evidenciadas por sustracciones sucesivas de sus particularidades circunstanciales. Distinguía entre las esencias nominales (que son complejas, y establecidas para servir a la selección y clasificación de las ideas) y las esencias reales (para uso de la metafísica, inaccesibles a la razón, la cual no puede tener acceso a su conocimiento).

En el cuarto libro, se ocupó de establecer el acuerdo o desacuerdo entre dos ideas, ya mediante la intuición, por demostración racional o por conocimiento sensible, afirmando que sólo la confrontación práctica permite despejar las dudas. Sólo el conocimiento que proporcionan los sentidos puede indicar lo que de realidad hay en los objetos del mundo. Mientras que la realidad, o parte de ella, es captada por los sentidos, la verdad es sólo cuestión de palabras. Dada las limitaciones de la posibilidad de conocer la realidad mediante los sentidos, es admisible usar en un discurso la noción de cosas “probables”. Para Locke, Dios es el resultado de una inferencia y las enseñanzas resultantes de la fe deben estar de acuerdo con la razón. Ateísmo y escepticismo están pues muy presentes

en Locke, como en la mayor parte de los empiristas ingleses. En resumen, la principal idea que subyace en el Ensayo es que únicamente la sensación permite la comprensión de la realidad y que la verdad pertenece sólo al discurso.

8.4.- David Hume.

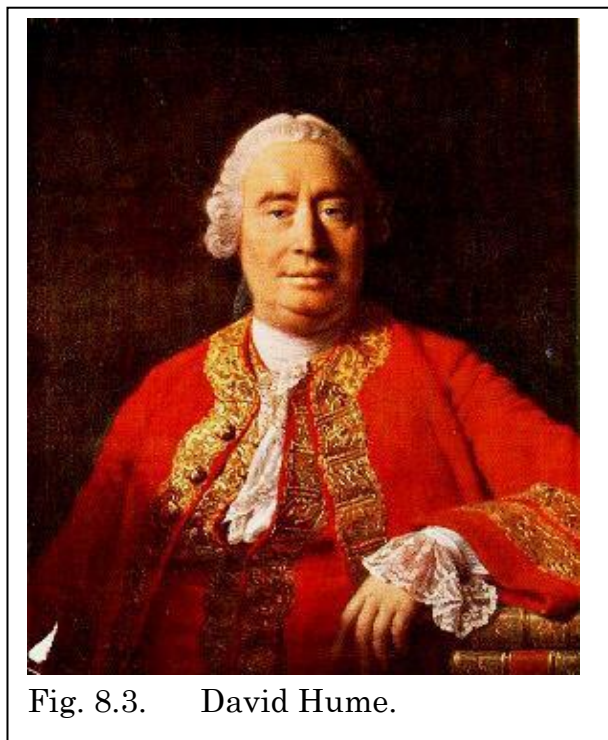


Fig. 8.3. David Hume.

David Hume (1711 – 1776) es considerado uno de los más grandes filósofos ingleses y el último del gran triunvirato de “empiristas británicos”. Fue también historiador y ensayista. Un maestro de estilo en todos los géneros, las obras filosóficas mayores de Hume fueron: *A Treatise of Human Nature* (1739 –1740), *Enquiries concerning Human Understanding* (1748) y *Enquiries concerning the Principies of Morals* (1751). Su obra póstuma *Dialogues concerning Natural Religion* (1779) — tuvo enorme influencia en los filósofos del siglo XVIII. Si bien muchos de los filósofos contemporáneos consideraron a sus obras como escépticas y ateas, su influencia es evidente en la filosofía moral y en los escritos económicos de su amigo Adam Smith. También influyó en la obra de Immanuel Kant y en los trabajos de Jeremy Bentham. Charles Darwin tuvo a los trabajos de Hume como influencia central, tal como lo hizo el “bulldog de Darwin”, Thomas Henry Huxley. Las diversas direcciones que tomaron estos escritores a partir de sus lecturas de Hume reflejan no sólo la riqueza de sus fuentes sino también el amplio rango de su empirismo. Hoy en día, los filósofos reconocen a Hume como un precursor de la ciencia cognitiva contemporánea y también como el más profundo exponente del naturalismo filosófico.

Nacido en Edinburgh, Hume pasó su niñez en Ninewells, la modesta casa familiar sobre el río Whitadder en el límite de las tierras bajas cerca de Berwick. Su padre murió justo antes de su segundo cumpleaños “dejándome con un hermano mayor y una hermana al cuidado de nuestra madre, una mujer de singular mérito quien, si bien era joven y bonita, se dedicó a crianza y educación de sus hijos”⁵ 5

Katherine Falconer Hume se dio cuenta que el joven David tenía una mente despierta no común. Cuando el hermano fue a la Universidad de Edinburgh, David, que no había cumplido doce años, fue con él. En la Universidad, Hume se interesó mucho en temas de historia y en literatura, filosofía antigua y moderna, a la vez que estudió matemáticas y ciencias naturales contemporáneas.

La familia de Hume pensaba que lo mejor para Hume era una carrera especializada en leyes, pero él prefería la lectura de autores clásicos como Cicerón cuya obra *De officiis* (Sobre el deber) se convirtió en el sustituto de *The Whole Duty of Man* y del estricto calvinismo de su familia. Proponiéndose ser un erudito y filósofo, durante tres años siguió un riguroso programa de lectura y reflexión hasta que le pareció que se abría ante él una “nueva escena de pensamiento”

La intensidad en el desarrollo de su visión filosófica precipitó en él una crisis psicológica. Creyendo que un ámbito de vida más activo podía mejorar su condición, Hume hizo un intento de ingresar al mundo del comercio, trabajando como empleado de un importador de azúcar de Bristol. La crisis pasó y se mudó a Francia donde pudo vivir frugalmente radicándose finalmente en La Flèche, una villa tranquila en Anjou más conocida por su colegio jesuita. En esta villa, donde Descartes y Marsene habían estudiado un siglo atrás, Hume leyó obras de autores franceses y otros europeos, especialmente a Nicolás de Malebranche, Dubos y Pierre Bayle y, entre 1734 y 1737, esbozó su *Treatise of Human Nature*.

Hume regresó a Inglaterra en 1737 para la impresión de su *Treatise*. Para congraciarse con el Obispo Buttel “castró” su manuscrito, borrando su discusión controversial sobre los milagros al igual que otras partes. El libro I *Of the Understanding*, y el libro II, *Of the Passions*, fueron publicados anónimamente en 1739. El libro III *Of Morals* apareció en 1740 al igual que un anónimo *Abstract* de los dos primeros libros. Si bien se han supuesto otros candidatos para la autoría del *Abstract*, (especialmente, Adam Smith), los estudiosos están de acuerdo en que fue un trabajo de Hume. El *Abstract* caracteriza una clara y sucinta visión de “un argumento simple” referido a la causalidad y a la formación de la creencia. El elegante sumario, presagia la reescritura del argumento de la primera *Enquiry*.

⁵ Hume, D. (2024): “*My Own life*”. Hermits United. London.

El *Treatise* no fue una obra literaria sensacional y, a pesar de los cortes provocó críticas de los fanáticos religiosos lo que, a lo largo de su vida, le adjudicó a Hume la reputación de ateo y escéptico.

Volvió a Ninewells y publicó dos volúmenes sobre *Essays, Moral and Political* en 1741 y 1742 con moderado éxito. Se presentó para ocupar el cargo de Profesos de Ética Moral y Filosofía en 1745 pero su reputación hizo que lo rechazaran. Seis años después, se postuló para la cátedra de Lógica en la Universidad de Glasgow, pero también fue rechazado. Nunca pudo ocupar un cargo docente.

Fue Secretario de su primo, el Teniente General James St. Clair y lo acompañó en misiones diplomáticas en Viena y Turín. Estando en Italia, se publicó su *Philosophical Essays concerning Human Understanding*. Esta era una revisión de las ideas centrales del libro I de su *Treatise* y en 1751 se convirtió en una parte de la obra *An Enquiry concerning Human Understanding* como se la conoce en el presente. A esta obra le siguió *An Enquiry concerning the Principles of Morals*. Hume escribió el segundo *Enquiry* que es una revisión de su libro III del *Treatise*. En 1752 se publicó *Political Discourses*.

La oferta de trabajar como bibliotecario del Colegio de Abogados de Edinburgh le dio a Hume la oportunidad de trabajar en otro proyecto: *History of England* que se publicó en seis volúmenes en 1754, 1756, 1759 y 1762. Su *History* se convirtió en un best-seller que le dio su tan ansiada independencia económica. Tanto la Library como la Cambridge University Library lo siguen registrando como “historiador”.

Pero aún como bibliotecario, Hume se las ingenió para provocar la ira de los fanáticos religiosos. En 1754, su orden de colocar “unos libros indecentes sin valor en una biblioteca erudita” provocó un movimiento para su despido y, en 1756, un intento para excomulgarlo. Los consejeros de la Biblioteca cancelaron la “orden” de sus libros ofensivos, lo que Hume consideró un insulto personal. Dado que él necesitaba los recursos de la Biblioteca para su Historia, permaneció en el puesto, pero puso su salario a nombre de Thomas Blacklock, un poeta ciego al que Hume estimaba y sostenía. Hume terminó su investigación para su Historia en 1757 y rápidamente renunció para que Adam Ferguson pudiera hacerse cargo del trabajo.

No obstante, su renuncia a la Biblioteca del Colegio de Abogados y el éxito de su “Historia”, el trabajo de Hume continuó sujeto a controversias. En 1755, estaba listo para publicar un volumen que incluía *The Natural History of Religion* y *A Dissertation on the Passions*, así como los ensayos “Sobre el suicidio” y “Sobre la inmortalidad del alma”. Cuando el publicista Andrew Millar fue amenazado con acciones legales a través del teólogo William Warburton, Hume suprimió los ensayos considerados ofensivos, sustituyéndolos por “Sobre la tragedia” y “Sobre la calidad del gusto” para completar sus “Cuatro disertaciones” que finalmente fueron publicadas en 1757.

En 1763, Hume aceptó una invitación de Lord Hertford, el embajador en Francia, para trabajar como su Secretario Privado. Durante sus tres años en París, Hume llegó a ser Secretario de la Embajada y, eventualmente, a Cargo de Asuntos. También se convirtió en el furor de los salones parisinos, disfrutando las conversaciones y compañía de Diderot, D’Alambert y d’Holbach, así como las atenciones y afectos de los *salonnières*. Especialmente de la Condesa de Boufflers (Al respecto diría: “Como me causaba placer la compañía de mujeres modestas, no tenía motivos para disgustarme con las recepciones que me ofrecían”)

Hume regresó a Inglaterra en 1766 acompañado por Jean-Jacques Rousseau, quien estaba huyendo de una persecución en Suiza. La amistad terminó rápida y miserablemente cuando al paranoico Rousseau se le instaló la idea de que Hume estaba organizando una conspiración internacional contra él.

Después de un año (1767-68) en Londres con Subsecretario de Estado, en agosto de 1769 Hume retornó a Edinburgh para quedarse. Construyó una casa en el New Town de Edinburgh y pasó sus años otoñales tranquilo y confortable, cenando y conversando con amigos, de los cuales, no todos eran “estudiosos y literatos”, ya que Hume encontró que “su compañía no era inaceptable para los jóvenes y los despreocupados”. Una persona joven que encontró que su compañía era particularmente “aceptable” fue una mujer veinteañera, atractiva, vivaz y muy inteligente — Nancy Orde, la hija del Jefe de la Tesorería de Escocia. Uno de los amigos de Hume la describió como “una de las mujeres más agradables y talentosas que he conocido”. La relación entre ambos fue muy estrecha y en los salones de París se comentó que estaban comprometidos. Antes de su muerte, Hume añadió un codicilo a su testamento que incluía un regalo para ella de 10 Guineas para comprar un anillo como un recuerdo de mi amistad y cariño a una persona tan amigable y talentosa”

En sus años finales, Hume le dedicó considerable tiempo a revisar sus obras para las nuevas ediciones de sus *Essays and Treatises* que contenían su colección de ensayos, los dos *Enquiries*, *A Dissertation on the Passions*, y *The Natural History of Religion*, pero — sugestivamente, — no a *A Treatise of Human Nature*. En 1775, le agregó un “Advertisement” a esos volúmenes en el cual parece “renegar” del *Treatise*. Si bien él consideraba esta nota una “respuesta completa” a sus críticos, especialmente al Dr. Reid y a “su prejuiciado y tonto amigo, Beattie” lectores posteriores optaron inteligentemente por desechar la admonición de Hume de ignorar su trabajo filosófico más grande.

Cuando descubrió que tenía un cáncer de intestinos. Hume se preparó para la muerte con el mismo ánimo pacífico que caracterizó su vida. Hizo los arreglos para la publicación póstuma de su trabajo más controversial los “*Dialogues concerning Natural Religion*” que fue impreso por su sobrino homónimo en 1779, tres años después de la muerte de su tío.

Al comienzo de su primer *Enquiry*, Hume sostuvo “que debemos cultivar la verdadera metafísica con algún cuidado, a fin de destruir lo falso y adulterado” Pero cuando explicó lo que es la “verdadera metafísica” esto no tiene nada de metafísica. Hume impulsó nada menos que una reforma total de la filosofía. *Una parte central de su programa es el objetivo profundamente antimetafísico de abandonar la búsqueda “a priori” de explicaciones teóricas que, supuestamente, nos dan una visión de la naturaleza última de la realidad, reemplazando estas “hipótesis que nunca se pueden hacer inteligibles” con una investigación empírica descriptiva que respondan a preguntas acerca de “la ciencia de la naturaleza humana” de la única manera en que puedan ser inteligiblemente respondidas.*

Entender cómo y cuándo Hume repudió la metafísica, ayudará a entender mejor la estructura de su proyecto filosófico. La mejor manera de hacerlo es observar los trabajos a partir de los cuales Hume desarrolló su programa para la reforma de la Filosofía: la Introducción y las primeras secciones de *A Treatise of Human Nature* y la Sección I de su primer *Enquiry*. El análisis de estos pasajes, no sólo clarifica la naturaleza del proyecto de Hume, sino que ayuda a resolver algunas cuestiones que sobre ello se debaten en la actualidad y que incluyen:

- La relación entre el *Treatise* y el primer *Enquiry* y si uno de ellos puede tener una interpretación prioritaria sobre el otro.
- La relación entre los aspectos positivos y negativos del proyecto.
- La naturaleza y las relaciones entre su empirismo, su escepticismo y su naturalismo.

Estas cuestiones, especialmente la última, han generado respuestas crecientemente complejas entre los estudiosos de la obra de Hume.

Una tercera especie de Filosofía

En su “Introducción” al *Treatise*, Hume se lamentó del “*penoso estado de la Filosofía, evidente aún para los legos, que ha dado lugar a ese prejuicio común contra los razonamientos metafísicos de todas las clases*”. Hume intentó corregir esta situación. En *Enquiry concerning the Principles of Morals*, dijo que iba a emplear un método muy simple que, no obstante, provocase “*una reforma en las disquisiciones morales similar a la lograda recientemente en filosofía natural, donde hemos quitado una “fuente común de ilusión y error: nuestra pasión por las hipótesis y sistemas. Para lograr el mismo progreso en las ciencias morales deberemos rechazar cada sistema... no importa cuán sutil e ingenioso sea, que no esté fundado en los hechos y en las observaciones” y no atender a otros argumentos que no sean derivados de la experiencia*” (EPM, 173 -175)

Al referirse a “hipótesis y sistemas” Hume pensó en cubrir un amplio rango de opiniones teológicas. Esas teorías diferían muchísimo de su propuesta para la ciencia de la naturaleza humana, estaban demasiado afianzadas y eran demasiado influyentes, lo

que lo llevó a presentar en su reemplazo su “nuevo escenario de ideas”. Para ello necesitó demostrar por qué debían rechazarse esas teorías.

Hume delineó su estrategia en la primera sección de *An Enquiry concerning Human Understanding*. Comenzando por definir “Filosofía moral” como “la ciencia de la naturaleza humana” y, por lo tanto, identificando su proyecto con el del *Treatise*. Hume distinguió dos “especies” o “dos maneras diferentes” en las cuales puede ser tratada la filosofía moral. La primera especie de filosofía considera a los humanos como criaturas activas, guiadas por deseos y sensaciones e “influenciadas por el gusto y sentimiento” buscando algunas cosas y evitando otras de acuerdo con la percepción de sus valores. Dado que consideran que la virtud es el bien más valioso que los humanos pueden perseguir, estos filósofos intentan “excitar y regular los sentimientos” a fin de “inclinarnos nuestros corazones hacia el amor a la probidad y al verdadero honor”. Ellos pintan una imagen halagüeña de la naturaleza humana, fácil de entender y aún más fácil de aceptar. Lo que ellos dicen es tan útil y agradable que la gente común está prontamente dispuesta a aceptar sus opiniones. Estas especies de filosofías son fácilmente reconocibles como una caracterización genérica de las posiciones que sustentaban Shaftesbury y Francis Hutcheson, contemporáneos de Hume.

En agudo contraste, la segunda especie de filosofía busca más formar el entendimiento que cultivar las maneras. Estos filósofos consideran a los hombres como criaturas razonables más que activas y estudian la naturaleza humana “para encontrar aquellos principios que regulan el entendimiento, excitan los sentimientos y hacen aprobar o rechazar cualquier acción, objeto o conducta”. Ellos buscan descubrir las verdades ocultas que “fijarán, más allá de las controversias, los fundamentos de la moral, el razonamiento y la crítica”. Al enmarcar esas teorías, van de los casos particulares a principios generales y continúan “empujando sus investigaciones hacia principios más generales” hasta arribar a “aquellos principios originales fundamentales mediante los cuales en cada ciencia debe estar vinculada toda la curiosidad humana.” (EHU 6)⁶. Este enfoque no sólo glorifica la razón, sino que también apela a ella en su énfasis en la especulación enrarecida y la argumentación abstracta.

Hume tuvo en claro que “la humanidad en general” preferirá siempre la “filosofía fácil y obvia” — su primera especie — a la segunda especie, precisa y abstrusa. Si hacen esto sin culpar o despreciar a la segunda, quizá no habría daño. Pero repitiendo casi al pie de la letra lo expresado en la Introducción al *Treatise*, Hume notó que el tema es, a menudo, llevado más lejos: aún hacia el absoluto rechazo de todos los razonamientos profundos, o lo que comúnmente se llama metafísica. (EHU 9)

Sin embargo, la hostilidad hacia la metafísica no es completamente injustificada. No es meramente oscura, es también “la inevitable fuente de incertidumbre y error”. Esto

⁶ EHU es la forma abreviada de *An Enquiry concerning Human Understanding*.

es “la más justa y plausible objeción a una parte considerable de la metafísica: que no es propiamente una ciencia” (EHU 11)

La metafísica no sólo se permite especulaciones que van más allá de los límites de los sentidos y de esa manera pierde su pretensión de ser una ciencia, sino que también ayuda e instiga la construcción de cortinas de humo como cubiertas para las “supersticiones populares”. Dado que estas macanas no se degradan por sí solas, los filósofos deberían percibir la necesidad de llevar la guerra a los secretos más recónditos del enemigo”. Y la única manera de rechazar convincentemente las “cuestiones abstrusas” de la metafísica tradicional es la de “investigar seriamente el entendimiento humano y mostrar, a partir de un análisis exacto de sus potencias y su capacidad, que de ninguna manera es adecuado para tales temas remotos y abstrusos ... Debemos cultivar la verdadera metafísica con algún cuidado, para destruir la falsa y la adulterada” (EHU 12)

De esta manera, una parte prominente del enfoque de Hume para descubrir “la competencia propia de la razón humana” es esencialmente negativa y crítica. La única manera de sacarse de encima a los metafísicos especulativos y sus seguidores religiosos es la de confrontar con ellos, lo que demanda que a veces se deba confrontar con argumentos dificultosos y muy abstractos.

La exactitud y el razonamiento son los únicos remedios amplios, adecuados para todas las personas y para todas las disposiciones y son por sí solos capaces de subvertir la filosofía abstrusa y la jerga metafísica, la que mezclada con supersticiones populares resulta de una manera impenetrable para los que razonan descuidadamente y dan la apariencia de ciencia y sabiduría (EHU 12-3)

Pero, “más allá de esta ventaja de rechazar esta incierta y desagradable parte del aprendizaje”, adoptar un “razonamiento preciso y justo” no es una actividad negativa. “hay muchas ventajas positivas que resultan de un examen preciso de las potencias y facultades de la naturaleza humana” (EHU 13)

Hume propuso reemplazar las “ciencias etéreas” de los metafísicos por una “delineación descriptiva de las partes y potencias de la mente”. La metafísica tradicional se equivocó al intentar especular sobre los “principios originales fundamentales” que gobiernan la naturaleza humana ya que al hacerlo, fueron más allá de lo que podía tener contenido cognitivo legítimo. Esto explica por qué sus “hipótesis y sistemas” no eran propiamente ciencias.

Hume se refirió al mismo tema en la Introducción al *Treatise*: “toda hipótesis, que pretende descubrir las cualidades originales últimas de la naturaleza humana debe ser rechazada por pretenciosa y quimérica”. Una vez que vemos la “imposibilidad de explicar los principios originales fundamentales” podemos rechazar a las teorías que pretenden proveerlos. Y una vez que lo hacemos, podemos tener claro la vía apropiada

para estudiar la naturaleza humana: La esencia de la mente, al sernos igual desconocida que la de los cuerpos externos, hace que sea igualmente imposible formarse alguna noción de sus potencias y cualidades que no sea a partir de experimentos cuidadosos y exactos y de la observación de efectos particulares que resultan de situaciones y circunstancias diferentes”. De este modo, el *Treatise* recomienda el repudio a la metafísica y pergeña un programa positivista donde “la única y sólida fundamentación” para la ciencia de la naturaleza humana “debe yacer sobre la experiencia y la observación” (T, xvi- xvii).⁷

En el *Enquiry*, al explicar en detalle el mismo programa positivista, Hume llama, inicialmente, a su proyecto “verdadera Metafísica” para marcar el contraste con la “falsa Metafísica” que había rechazado. Pero al explicar lo que es la “verdadera Metafísica” ella no tiene nada de metafísica. Es una indagación empírica, no un desarrollo “a priori” y como tal, es una alternativa genuina a las especulaciones vacías de contenido de los filósofos previos. Los términos preferidos para su proyecto: “geografía mental” y “anatomía de la mente” caracterizan mejor la manera en que él concibe su antimetafísica descriptiva como alternativa a las formas tradicionales de teorizar sobre la naturaleza humana.

De esta manera, el programa para reformar la filosofía que Hume expone tiene dos aspectos relacionados: la eliminación de la metafísica y el establecimiento de una ciencia de la naturaleza humana empírica experimental. El cambió el enfoque tradicional de la indagatoria, la búsqueda de los “principios originales fundamentales”, para concentrarse en describir aquellos “principios” que, en los hechos, gobiernan la naturaleza humana. Hace esto debido a que la afirmación de haber encontrado los “principios originales fundamentales” no es falsa sino incoherente ya que va más allá de algo que pueda experimentarse.

Esta combinación de objetivos negativos y positivos es una característica distintiva del estilo particular del empirismo de Hume y la estrategia que él concibió para lograr esos objetivos es reveladora de su genio filosófico. Para Hume, todos los materiales del pensamiento — las *percepciones* — derivan o de las *sensaciones* (sentimientos hacia el exterior) o de la *reflexión* (sentimiento hacia el interior) (EHU, 19). Dividió a la percepción en dos categorías que se distinguen por sus diferentes grados de fuerza y vivacidad. Nuestras percepciones “más débiles”, las *ideas* son, en última instancia, derivadas de nuestras *impresiones* más vívidas (EHU, Sección II; T, I i. 1 – 2)

Tanto en el *Treatise* como en la *Enquiry*, Hume comienza con un detalle sobre impresiones e ideas debido a que consideraba que todas las cuestiones de contenido filosófico pleno pueden ser planteadas y respondidas en esos términos. Tratar de ir *más allá* de las percepciones, como lo hace la metafísica, inevitablemente implica ir *más*

⁷ T: forma abreviada de *Treatise*.

allá de cualquier cosa que pueda tener contenido cognitivo. Por lo que no sorprende que las “hipótesis” que pretender darnos los “principios originales fundamentales” que constituyen la metafísica tradicional, resulten ser incoherentes.

Si bien en la imaginación es común permutar y combinar ideas para formar ideas complejas de cosas que no se han experimentado, Hume fue categórico al sostener que la potencia creativa del hombre no se extiende más allá que de los “materiales que nos permiten nuestros sentidos y experiencia.” Las ideas *complejas* están compuestas de *ideas simples* que son copias apenas perceptibles de las impresiones simples y de las que en última instancia derivan y que se corresponden con esas impresiones a las que exactamente se parecen”. Hume ofrece esta “proposición general” como su “primer principio... en la ciencia de la naturaleza humana” (T. 7). Usualmente llamada “el Principio de Copia” el estilo distintivo de empirismo de Hume se suele identificar con su dedicación a ese empirismo.

Hume presenta el Principio de Copia como una tesis empírica. Enfatiza este punto ofreciendo “un fenómeno contradictorio” (T, 5-6, EHU 20-21) — la infame pérdida de un tono del azul — como un contraejemplo empírico del Principio de Copia. Hume pide que se considere “a una persona que ha disfrutado de la visión durante treinta años y que está perfectamente bien familiarizado con colores de toda clase, exceptuando un particular tono de azul...(T.6). Entonces:

“Si se colocan delante de él todos los diferentes tonos de tal color, excepto ese tono particular, de manera que el tono descienda gradualmente desde el más oscuro hasta el más claro, será evidente que donde ese tono falta, él va a percibir la falta y que su sensibilidad le permitirá discernir que hay una mayor distancia entre los tonos consecutivos que en otros casos. Ahora cabe preguntarse si es posible que él pueda suplir esta carencia mediante su propia imaginación y hacerse una idea de ese tono particular, aunque sus sentidos nunca se lo hayan transmitido. Creo que hay pocos casos en que él pueda hacerlo, y esto podría servir como prueba de que las ideas simples no siempre derivan de las impresiones, aunque la instancia es tan particular y singular que apenas vale nuestra observación y por ello sólo no amerita que alteremos nuestra máxima general.” (T, 6)

Los críticos de Hume objetaron que, al ofrecer este contraejemplo, él inconscientemente destruyó la generalidad de su Principio de Copia, tan necesario para él en cuanto los usos que él lo empleó o que su desdeñosa actitud hacia el contraejemplo reflejaba una falsa buena voluntad para aplicar el Principio de Copia en forma arbitraria, mientras que pretendía que realmente el Principio poseía la generalidad que su uso requería.

En concepto de “definición” según Hume

Si bien el empirismo de Hume se identifica usualmente con el Principio de Copia, su concepto de definición es realmente el elemento más distintivo e innovador de su sistema.

Tal como lo indica su diagnóstico de la metafísica tradicional, Hume creía que “el principal obstáculo ... para nuestra mejora en las ciencias metafísicas o morales es la oscuridad de las ideas y la ambigüedad de los términos”. (EHU 61). No obstante, Hume sostuvo que las definiciones convencionales — definiendo términos en función de otros términos — replican las confusiones filosóficas al sustituir el original por un sinónimo lo que no puede quebrar una estrecha definición circular. Determinar el contenido cognitivo de una idea o de un término requiere de algo más.

Para obtener progreso, necesitamos “pasar de las palabras al verdadero y real tema de la controversia” (EHU 80) — las ideas involucradas. Hume creyó haber encontrado un mecanismo que permite hacerlo — su idea de “definición” la cual él promocionó con “un nuevo microscopio o especie de óptica” (EHU 62) prediciendo que esto producirá un dramático resultado en las ciencias morales como el producido en la filosofía natural.

Este concepto de definición es una herramienta para determinar con precisión el contenido cognitivo de las palabras y las ideas. Hume usó una serie de pruebas simples para determinar el contenido cognitivo. “Comience con un término. Pregunte cual es la idea anexada a él. Si no hay tal idea, entonces el término carece de contenido cognitivo, sin importar cuán prominente figure en la filosofía o en la teología. Si hay una idea anexada a él, y ella es compleja, divídala en las ideas más simples que la componen. Luego, a partir de esas ideas simples, reconstruya sus impresiones originales. Esas impresiones son todas fuertes y sensibles y no admiten ambigüedades. No sólo iluminan por sí mismos, sino que arrojan luz sobre sus correspondientes ideas que yacen en la oscuridad” (EHU, 62).

Si en algún punto el proceso falla, la idea en cuestión carece de conocimiento cognitivo. Pero si se lleva a cabo exitosamente, la teoría brinda una “definición justa” — una descripción precisa de la idea o el término problemático. De modo que, cuando sospechamos que “un término filosófico se emplea sin ningún significado o idea (lo que es muy frecuente), sólo tenemos que inquirir *¿de qué impresión deriva tal supuesta idea?* Y si es imposible asignarle alguna, esto servirá para confirmar nuestras sospechas. “Exponiendo las ideas a una luz tan clara, podemos razonablemente esperar remover todas las disputas que puedan surgir en lo relativo a sus naturalezas y realidad” (EHU, 22, *Abstract*, T. 648-9).

El Principio de Copia da razón a los orígenes de las ideas. Pero las ideas están también *conectadas* regularmente. Tal como Hume puntualiza en el “Abstract” de su *Treatise*, hay una unión o un vínculo entre las ideas particulares, “las que causan que

la mente las asocie muy frecuentemente y hace que una, de acuerdo con su apariencia, introduzca a la otra” (T, 662)

Una ciencia de la naturaleza humana debería tomar en cuenta esas conexiones. De otro modo, se caería en un *atomismo eidético* — un conjunto discreto de ideas independientes unificadas como el contenido de una mente particular. Ese atomismo eidético es la fuente primaria de las “hipótesis filosóficas” que Hume se propuso eliminar.

Hume sostuvo que “si bien es demasiado obvio como para escapar a la observación que las ideas están conectadas entre sí, no encuentro algún filósofo que haya intentado enumerar o catalogar todos los principios de la asociación” (EHU, 24). Su presentación de esos “principios de asociación” es otra característica distintiva del empirismo, tan distintiva que en el *Abstract* el advierte que es su contribución más original “Si alguna cosa puede habilitar al autor a tan glorioso nombre como el de inventor, ese es el uso que hace del principio de la asociación de ideas” (T, 661- 662).

Los principios requeridos para conectar nuestras ideas no son teóricos ni racionales, son operaciones naturales de la mente que el hombre experimenta mediante una “sensación interna”. Hume identifica “tres principios de conexión” o asociación: *semejanza, contigüidad y causalidad*. De estos tres, la causalidad es el principio más fuerte:

“No hay relación que produzca una conexión más fuerte en la imaginación y que hace que una idea recuerde más rápidamente a otra que la relación de causa y efecto entre sus objetos” (T, 11)

Además, la causalidad es el único principio asociativo que nos lleva “más allá de la evidencia de nuestra memoria y sentidos”. Establece un vínculo o conexión entre experiencias pasadas y presentes con eventos que predecimos o explicamos, de modo que todos los razonamientos concernientes a los hechos parecen estar fundados en la relación entre causa y efecto. La causalidad es también el menos entendido de los principios de asociación” (T, 11)

Hume sugirió que, para la ciencia de la naturaleza humana, su identificación de los principios de asociación es el equivalente a lo que fue, para el mundo físico, el descubrimiento de Newton de la gravitación y que al igual que la ley del cuadrado inverso, los principios asociativos son “originales”. Tratar de explicarlos más allá de sus límites lleva, ilegítimamente, más allá de los límites de la experiencia a quien lo hace:

El Universo de la imaginación

Hume creyó que la ciencia de la naturaleza humana sólo puede ser inteligiblemente y exitosamente desarrollada en términos de los “principios originales” que había identificado: impresiones y mecanismos asociativos. Pero por más variadas que sean las impresiones y asociaciones, en el universo de la imaginación no se poseen más ideas que las que mediante las impresiones se han producido.

“La *creencia* o *asentimiento* que acompaña siempre a la memoria y los sentidos no es sino la vivacidad de las percepciones que están presentes y que esto sólo los distingue de la imaginación. La creencia consiste en este caso en sentir una impresión inmediata de los sentidos o una repetición de esta impresión en la memoria. La fuerza y la vivacidad de la percepción son tan sólo las que constituyen el primer acto del juicio y proporcionan el fundamento del razonamiento que construimos sobre él cuando establecemos la relación de causa y efecto”. (T, 86).

En el Tomo I, de “El entendimiento” Hume afirma que: “De estas impresiones o ideas de la memoria formamos una especie de sistema que comprende todo lo que recordamos haber estado presente, ya sea la percepción interna o a los sentidos, y cada término de este sistema unido a la impresión presente es lo que llamamos *realidad*.” (T, 108). De manera que, si bien las impresiones no son, estrictamente hablando, susceptibles de verdad o falsedad, el carácter sistemático del “universo de la imaginación” suministra un medio para aceptar o rechazar impresiones. El estándar, toscamente, es la *coherencia*:

Las impresiones, al igual que las pasiones, placeres y dolores, son “existencias originales” que “surgen en el alma, originariamente por causas desconocidas” (T, 7). Nuestras ideas pueden representar algo más allá de ellas mismas, ellas representan las impresiones que las causan, a las cuales las copian. Así, son susceptibles de falsedad o verdad.

Sin embargo, las impresiones son corregibles, y pueden ser medidas por un patrón. Hay una distinción entre *corregibilidad* de una percepción y el ser una *representación* de algo externo a ella.”

El proyecto de Hume involucra, claramente, tanto una fase *negativa* como una fase *positiva* o *constructiva* de desarrollar una ciencia descriptiva, empírica, de la naturaleza humana. Los dos aspectos de su proyecto se unen mediante el dispositivo que él emplea para desarrollar cada fase — su concepto de definición como una manera de determinar con exactitud en contenido cognitivo o la falta del mismo.

El *empiricismo* de Hume queda definido por su tratamiento de las ciencias de la naturaleza humana como una investigación empírica, enraizada en la experiencia y en la observación y su *naturalismo* está también estrechamente vinculado a la concepción de su proyecto como una investigación empírica, a su limitación a investigar “principios originales” y su rechazo a todo intento de descubrir “cualidades originales primordiales” en el estudio de la naturaleza humana.

El *escepticismo* de Hume tiene dos aspectos: el primero es un escepticismo sobre la factibilidad de teorías metafísicas, o alguna “hipótesis o sistema” que intente ir más allá de la experiencia o la observación. (Esta clase de escepticismo sobre *ciertas maneras de hacer filosofía* no debe confundirse con el *escepticismo filosófico*). El segundo aspecto de su escepticismo es el que Hume llama “escepticismo mitigado o moderado”, que hoy en día podríamos llamar más naturalmente “falibilidad”: que consiste en el reconocimiento de nuestras limitaciones cognitivas y la propensión a incurrir en errores cognitivos así como el mandato de limitar la investigación “a tales temas que mejor se adapten a los estrechos límites de entendimiento humano” (EHU, 162) mediante el cual él quiere referirse a aquellos a los cuales les podemos dar un claro contenido cognitivo, los que encajan muy bien con los otros aspectos de su programa.

Más adelante, Hume escribió: “La causalidad es no sólo la relación asociativa más fuerte, sino que es también la más importante ya que “con sólo esa relación podemos ir más allá de nuestra memoria y de nuestros sentidos”. De modo que, la causalidad es la base de todos nuestros razonamientos concernientes a la realidad y “en nuestros razonamientos ... se supone constantemente que hay una conexión entre el hecho presente y aquel del cual se infiere” (EHU, 26 -7).

Para especificar la naturaleza de tal “conexión” y cómo se establece, Hume procede primero negativamente mostrando que las inferencias causales no se deben a la razón o a alguna operación del entendimiento. El razonar concierne o a *relaciones de ideas* o a *hechos reales* y las relaciones entre ideas no aseguran la obtención de una relación causal. Los efectos son eventos diferentes de sus causas: siempre podemos concebir que uno de tales eventos ocurre y el otro no. De modo que el razonamiento causal no puede ser un razonamiento *a priori*.

Las causas y los efectos se descubren, no por la razón sino por la experiencia, cuando se encuentra que tales objetos particulares están continuamente vinculados entre sí.

Aún después de tener experiencia en conexiones causales, las conclusiones de esas experiencias no están basadas sobre ningún razonamiento o sobre algún otro proceso del entendimiento. Ellas están basadas sobre pasadas experiencias en casos similares sin las cuales no podríamos en absoluto extraer conclusiones.

La causalidad y la Inferencia Inductiva: La Fase Positiva

La fase positiva de la conexión causal se da a través de la inferencia inductiva. Las personas comunes, los infantes, incluso los animales – “mejoramos por la experiencia” formando las expectativas causales y refinándolos en la luz de experiencia

Cuando examinamos la experiencia para tratar de entender cómo se producen realmente las expectativas, descubrimos que ellas surgen después de que hayamos experimentado “la conjunción constante de dos objetos;” sólo entonces “esperamos el uno

a partir de la aparición del otro" Pero cuando "la repetición de cualquier acto u operación particular produce una propensión para renovar el mismo acto u operación decimos que esta propensión es el efecto de la *Costumbre*" (EHU, 43).

De modo que el proceso que produce nuestras expectativas causales es, en sí mismo causal. La costumbre o el hábito "determina a la mente ... a suponer al futuro conforme al pasado."

Cuando esperamos que dos eventos estén relacionados causalmente, nuestra impresión es que entre ellos hay una *conjunción* particular, pero ¿esa conjunción es una *conexión necesaria*? Hume desarrolló los requisitos que debe cumplir una conexión necesaria y que son los componentes esenciales de la idea de causalidad.

¿Cómo puede la mera repetición de *conjunciones* producir una *conexión*? Según Hume, "después de una repetición de instancias similares, la mente es llevada por el hábito a esperar que ante la aparición de un evento a se produzca su acompañante y creer que eso ocurrirá". *Sentimos* esa transición como una impresión de *reflexión*, o *sensación interna*, y este *sentimiento de determinación* es "el sentimiento o impresión del cual nos formamos la idea o poder de la conexión necesaria. No hay otra cosa en este caso" (EHU, 75)

Si bien la sensación interna es la fuente de nuestra idea de conexión, esta experiencia no ocurriría si no hubiésemos tenido las impresiones de las sensaciones — las impresiones externas — de la situación corriente, junto con los antecedentes de las memorias de nuestras impresiones pasadas de instancias relevantes similares.

Hume acumula todas las impresiones relevantes no en una sino en dos definiciones de *causa*. La relación — o la falta de relación — entre estas definiciones ha sido un tema de considerables controversias. No obstante, si seguimos sus concepciones de definición, la primera que establece que la causa es "*un objeto seguido por otro y donde todos los objetos similares al primero están seguidos por objetos similares al segundo*" (EHU, 76) toma en cuenta a todas las impresiones externas involucradas en el caso. Su segunda definición establece que la causa es "*un objeto, seguido por otro, y cuya apariencia conduce siempre el pensamiento a tal otro*" (EHU, 77). Esta definición captura la sensación interna — el sentimiento de determinación — involucrada. En la opinión de Hume, *ambas* son definiciones, pero la definición adecuada de *causa* que él afirma proveer está expresada solamente por la conjunción de las dos: sólo juntas, las dos definiciones pueden capturar todas las impresiones relevantes involucradas.

La concepción de causalidad de Hume provee un paradigma de la forma en que él concibe cómo debe hacerse la filosofía. Él va más allá y aplica su método a otros espinosos problemas tradicionales de filosofía y teología, libertad y necesidad, milagros, designios. En cada caso, es que el razonamiento y los argumentos *a priori* no nos llevan a ninguna parte; "es sólo la experiencia la que nos enseña la naturaleza y los límites de causa y

efecto y nos permite inferir la existencia de un objeto de otro. Tal es el fundamento del razonamiento moral el que forma la mayor parte del conocimiento humano y es la fuente de toda acción y conducta humana” (EHU, 164). Dado que todos tenemos experiencia limitada, nuestras conclusiones deberían ser siempre tentativas, modestas, reservadas, cautas. Esta posición conservadora y falible, que Hume llama “*escepticismo mitigado*” es la actitud epistémica propia para toda persona “sensible a toda endeblez extraña del entendimiento humano” (EHU, 161).

8.5.- Bibliografía.

- Ayers, M. R., (1991):** *Locke. Epistemology & Ontology*. Routledge. London.
- Dunn, J., (1984):** *Locke*. Oxford University Press. New York.
- Gaukroger, S., (2001):** *Francis Bacon and the Transformation of Early-modern Philosophy*. Cambridge University Press, New York.
- Vickers, B., Ed. (1996):** *Francis Bacon*. Oxford University Press. New York.
- Braham, E. G., (1987):** *The Life of David Hume, the terrible David*. J. Martin Stafford, Altringham.
- Beauchamp, T. L., Rosenberg, A., (1981):** *Hume and the Problem of Causation*, Oxford University Press, New York.
- Penelhum, T., (1975):** *Hume*, Macmillan, London.
- Morris, W. E., (2007):** *David Hume*. The Stanford Encyclopedia of Philosophy.

IX.- EL CÍRCULO DE VIENA.

9.1.- Introducción.

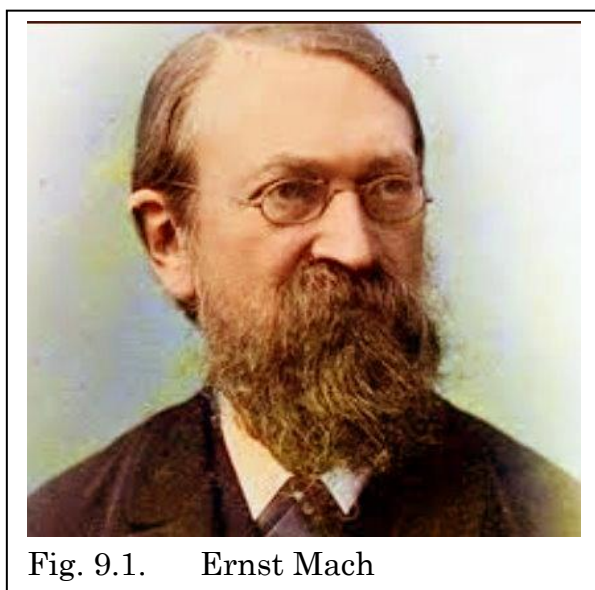


Fig. 9.1. Ernst Mach

Se suele afirmar que la filosofía de la ciencia surge como disciplina con especificidad propia, profesionalizándose, en el período entre las dos guerras mundiales, a partir de la conformación, de lo que, a partir de 1929 pasaría a denominarse oficialmente Círculo de Viena. Las concepciones filosóficas del Círculo de Viena se fueron consolidando con la llegada a los Estados Unidos de los principales exponentes centroeuropeos de esa especialidad.

Aún años antes de la Primera Guerra Mundial, un grupo de jóvenes, la mayoría de los cuales había estudiado Física, Matemática o Ciencias Sociales, se reunían en un café de Viena para discutir sobre cuestiones de filosofía de la ciencia inspirados por el positivismo de Ernst Mach (1838 – 1916). Entre estos jóvenes se encontraban: el filósofo Moritz Schlick (1882 – 1936)—a quien se considera “fundador” del grupo — Philipp Frank (1884 – 1966), graduado en Física, Hans Hahn (1879 – 1934), matemático, y el sociólogo y economista Otto Neurath (1882 – 1945).



Fig. 9.2. M. Schlick

Ph. Frank

H. Hahn

O. Neurath

En 1924, y a sugerencia de Herbert Feigl (1902 – 1988, físico y filósofo y asistente de Schlick), se creó un grupo de debate que se reunía los viernes por la noche. Este grupo, cuyas propuestas filosóficas fueron bautizadas como *positivismo* o *neopositivismo lógico*, formaron la base de lo que después se llamó “el Círculo de Viena” que, con el tiempo, alcanzaría el reconocimiento internacional. Durante un lustro, las actividades del Círculo se redujeron a reuniones privadas a las cuales se fueron agregando otros

estudiosos interesados en diversos aspectos de la filosofía de la ciencia. Entre ellos pueden mencionarse a Rudolf Carnap, físico y filósofo, Víctor Kraft 1880 – 1975) y Fiedrich Waismann (1896 – 1959) En 1929, los integrantes del Círculo comenzaron a publicar una serie de monografías y a colaborar con la Sociedad Berlinesa de Filosofía Empírica — entre cuyos miembros se contaban Hans Reichenbach y Carl Gustav Hempel — y en la realización de conferencias internacionales. Ese mismo año, bajo la dirección de Carnap y Reichenbach, comenzó a publicarse la revista *Erkenntnis* (Conocimiento) que reemplazó a la tradicional *Annalen der Philosophie*. A lo largo de una década, *Erkenntnis* se caracterizó por una producción científica realmente notoria.

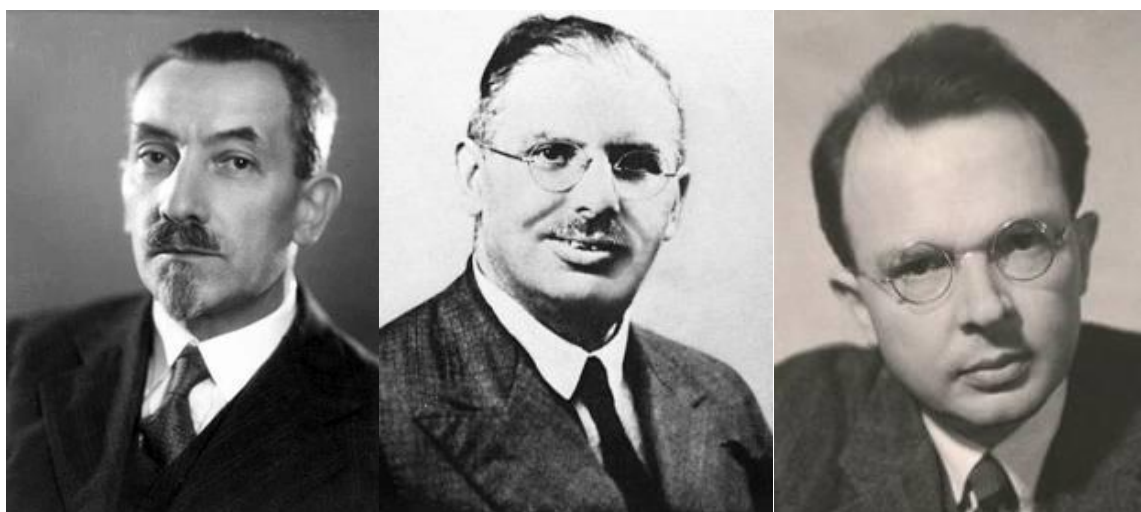


Fig. 9.3. V. Kraft

F. Waismann

R. Carnap.

El programa de los neopositivistas profundizaba en temas tan diversos como la psicología, el análisis lógico (siguiendo la filosofía de Gottlob Frege, las primeras concepciones de Ludwig Wittgenstein, las concepciones de Alfred North Whitehead y otros), la metodología de las ciencias empíricas (basada en las ideas de Bernhard Riemann, Albert Einstein, etc.) o la sociología positivista (con influencias que iban desde Epicuro y Jeremy Bentham, hasta John Stuart Mill y Karl Marx). El programa neopositivista se caracterizó por el *uso del análisis lógico como método de validación de los resultados experimentales y por un rechazo frontal a las concepciones metafísicas y teológicas*.

9.2.- Antecedentes históricos.

El 15 y el 16 de septiembre de 1929, la Asociación Ernst Mach y la Sociedad de Filosofía Empírica de Berlín, organizaron, en Praga, un Congreso sobre Epistemología de las ciencias exactas en conjunto con el Congreso de la Sociedad Física Alemana y la Asociación Matemática Alemana. Además de cuestiones especiales se discutieron también cuestiones de principios. En este congreso, se tomó la decisión de publicar un escrito exponiendo las ideas rectoras del Círculo de Viena.

El documento mediante el cual el Círculo de Viena ingresó a la vida pública se tituló: *Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis* (La concepción científica del mundo, el Círculo de Viena). Debido a ese título se identifica al Círculo como “la concepción científica del mundo”.

Las circunstancias y motivos de la redacción de dicho texto se explican en el prefacio, explicitando que el objetivo principal es “*difundir los conocimientos de las ciencias exactas*”. El documento fundacional fue redactado por Klaus Mahn, Otto Neurath, Rudolf Carnap, en nombre de la Asociación Ernst Mach, fundada en 1928, a iniciativa de la Unión de librepensadores de Austria y por miembros de otros círculos cercanos. Sin embargo, el texto mismo, no lleva firma, aun cuando se sabe que fue el resultado de una labor colectiva de la que participaron otros miembros del Círculo, además de los autores arriba mencionados. Otto Neurath fue quien propuso la denominación “Wiener Kreis”, mientras que Carnap y Hahn se encargaron de editar el texto.

El Círculo de Viena constituía un grupo informal, cuyos miembros provenían de las más diversas especialidades con las lógicas diferencias y variedad de matices, por lo que el documento, no puede considerarse un texto filosófico en sentido estricto. El objetivo que perseguía era, más bien, transmitir las líneas fundamentales de una concepción científica del mundo a un público más amplio, no especializado. Por ello, su texto fundacional se asemeja más en su estilo y estructura a los manifiestos de las vanguardias plásticas y literarias, tan habituales en la primera mitad del siglo XX.

Es históricamente comprensible que Viena fuera un suelo especialmente apropiado para la afirmación de una ciencia despojada de toda metafísica y de toda concepción teologizante. En la segunda mitad del siglo XIX, el liberalismo fue la corriente política largamente dominante. Su mundo de ideas emanaba de la Ilustración, del empirismo, del utilitarismo y del movimiento de libre comercio de Inglaterra. En el movimiento liberal vienés, académicos de renombre mundial — como Theodor Gomperz, Friedrich Jodl y otros —cultivaban un espíritu antimetafísico. Gracias a este espíritu de ilustración, Viena estuvo a la vanguardia en la educación popular orientada científicamente. Con la colaboración de Victor Adler y Friedrich Jodl, se fundó la Asociación pro-educación popular. El conocido historiador Ludo Hartmann, de notoria actitud antimetafísica y con una concepción materialista de la historia instituyó los “Cursos universitarios populares” y la “Casa del pueblo”. El mismo espíritu inspiró también al movimiento de la “Escuela Libre” que fuera precursor de la reforma escolar austríaca de principios del siglo XX.

En esa atmósfera liberal vivió Ernst Mach (nacido en 1838), que estuvo en Viena como estudiante y luego como *Privatdozent* (1861 – 64). En 1895, la Universidad de Viena creó para él la cátedra de Filosofía de las Ciencias inductivas. A través de ella, se dedicó especialmente a purificar de pensamientos metafísicos las ciencias empíricas —

en primer lugar, la Física. La cátedra de Mach fue ocupada más tarde (1902-1906) por Ludwig Boltzmann.

La influencia de los físicos Mach y Boltzmann en la cátedra de Filosofía de las ciencias inductivas, se tradujo en un vivo interés en los problemas lógicos y epistemológicos relacionados con los fundamentos de la Física. Estos problemas de fundamentos condujeron también a una renovación de la Lógica. Particularmente a través de los trabajos de Franz Brentano quien, a pesar de ser sacerdote católico, fue dejando de lado la Lógica escolástica, la concepción kantiana y a los filósofos idealistas, para encarar una fundamentación rigurosa de esa disciplina.

En la Sociedad Filosófica de la Universidad de Viena, bajo la dirección de Alois Höfler, tuvieron lugar muchas discusiones sobre los fundamentos de la Física y sus problemas epistemológicos y lógicos afines. La Sociedad Filosófica publicó los *Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik* (Prefacios e Introducciones a las obras clásicas de la Mecánica), así como algunos escritos de Bernard Bolzano (editados por Höfler y Hahn, 1914 y 1921).

Algunos sociólogos vieneses compartieron su rechazo a la metafísica, entre ellos, Rudolf Goldscheid. También en el ámbito de la economía política se desarrolló un método estrictamente científico para la teoría de la utilidad marginal (Carl Menger, 1871); este método echó raíces en Inglaterra, Francia y Escandinavia. En Viena también se cultivó y extendió con especial énfasis la teoría marxista (gracias a los trabajos de Otto Bauer, Rudolf Hilferding, Max Adler y otros).

Con el cambio de siglo, estas influencias multilaterales tuvieron como consecuencia que un número cada vez mayor de personas discutiera frecuente y sostenidamente problemas más generales en estrecha conexión con las ciencias empíricas. Se trató sobre todo de problemas epistemológicos y metodológicos de la Física, entre ellos, el convencionalismo de Henri Poincaré, la concepción de Pierre Duhem sobre el objetivo y la estructura de las teorías físicas (su traductor fue el vienés Friedrich Adler, seguidor de Mach, en esa época Privatdozent de Física en Zürich). También se discutieron, entre otras, cuestiones acerca de los fundamentos de las matemáticas, problemas de axiomática, de logística y similares. Las principales temáticas y sus expositores más relevantes fueron los siguientes:

1. Positivismo y empirismo: David Hume, la Ilustración, Auguste Comte, John Stuart Mill, Richard Avenarius, Ernst Mach.
2. Fundamentos, objetivos y métodos de la ciencia empírica (hipótesis en Física, Geometría, etc.): Hermann von Helmholtz, Bernhard Riemann, Ernst Mach, Henri Poincaré, Pierre Duhem, Ludwig Boltzmann, Albert Einstein.

3. Logística y su aplicación a la realidad: Gottfried Leibniz, Giuseppe Peano, Gottlob Frege, Ernst Schröder, Bertrand Russell, Alfred North Whitehead, Ludwig Wittgenstein.

4. Axiomática: Moritz Pasch, Giuseppe Peano, Vailati, Pieri, Hilbert.

5. Hedonismo y Sociología positivista: Epicuro, David Hume, Jeremy Bentham, John Stuart Mill, Auguste Comte, Ludwig Feuerbach, Karl Marx, Herbert Spencer, Franz Carl Müller-Lyer, Joseph Popper-Lynkeus, Carl Menger (padre).

9.3.- La concepción científica del mundo.

La concepción científica del mundo no se caracterizó tanto por sus tesis propias, sino más bien por su posición básica, sus puntos de vista y la dirección que debe tomar la investigación. Tuvo como objetivo principal el establecimiento de una ciencia unificada. Para ello se propuso aunar y armonizar los logros de los investigadores individuales en los distintos ámbitos de la ciencia. Para concretar esa aspiración puso el énfasis en el trabajo colectivo, en la acentuación de lo aprehensible intersubjetivamente, en la búsqueda de un “simbolismo liberado de la escoria de los lenguajes históricamente dados”.

Valoró sobremanera la limpieza y la claridad de los conceptos. Consideró que todo lo experimentable forma una red complicada no siempre aprehensible en su totalidad, sino que a menudo sólo es comprensible por partes pero que “todo es accesible al hombre y el hombre es la medida de todas las cosas”. Para la concepción científica del mundo no había enigmas insolubles: Sostenían que la clarificación de los problemas filosóficos tradicionales conduce, en parte, a desenmascararlos como pseudo-problemas y, en parte, a transformarlos en problemas empíricos. De allí la necesidad de someterlos al juicio de la ciencia de la experiencia. La tarea del trabajo filosófico consistiría en la clarificación de problemas y enunciados y no en el planteamiento de enunciados “filosóficos” propios.

El Círculo de Viena se caracterizó por el uso del *método del análisis lógico*. El uso de ese método es lo que lo distinguió de los enfoques positivistas anteriores, que estaban más orientados desde lo biológico y lo psicológico. Si alguien afirmaba “no hay un Dios”, “el fundamento primario del mundo es lo inconsciente”, “hay una entelegía como principio rector en el organismo vivo”, no se le respondía “lo que Ud. dice es falso”, sino que le preguntaban: “¿qué quieres decir con tus enunciados?”, mostrando que hay una de- marcación precisa entre dos tipos de enunciados. A uno de estos tipos pertenecen los enunciados que resultan de la comprobación empírica y cuyo sentido se determina mediante el análisis lógico. Los otros enunciados, como los mencionados anteriormente, no resisten el análisis lógico, por lo que se revelan a sí mismos como completamente vacíos de significado. El metafísico y el teólogo creían afirmar algo con sus oraciones, representar un estado de cosas. Sin embargo, el análisis lógico mostró que sus enunciados no

dicen nada, sino que sólo son expresiones de cierto sentimiento sobre la vida. Ciertamente, la expresión de tales sentimientos puede ser una tarea importante en la vida. Pero el medio adecuado de expresión para ello es, por ejemplo, el arte, la lírica o la música.

A través del análisis lógico, la “concepción científica de mundo” superó no sólo a la metafísica en el sentido propio y clásico del término, en especial a la metafísica escolástica, sino también a la metafísica escondida del apriorismo kantiano; no reconoció ningún conocimiento incondicionalmente válido derivado de la razón pura ni ningún juicio sintético a priori” como los que se encuentran en la base de la epistemología kantiana. Sólo reconoció afirmaciones que resultan de la experiencia sobre objetos de todo tipo, y enunciados analíticos de la lógica y de la matemática.

La concepción científica del mundo no rechazó a la *intuición* como fuente de conocimiento. Al respecto sostuvo que al que busca le están permitidos todos los medios; no obstante, lo encontrado debe resistir la contrastación.

En lo fundamental, hemos caracterizado la concepción científica del mundo mediante dos rasgos. Primero, fue empirista y positivista: sólo hay conocimiento de la experiencia que se basa en lo dado inmediatamente. Con esto estableció la demarcación del contenido científico legítimo. Un enunciado era considerado científico solo si podía ser constatado por hechos verificables. Sólo podían asumirse como verdaderos los enunciados después de compararlos con hechos objetivos. Segundo, la concepción científica del mundo se distinguió por la aplicación de un método determinado: el del análisis lógico.

La aspiración del trabajo científico radicaba en alcanzar el objetivo de la ciencia unificada por medio de la aplicación de ese análisis lógico al material empírico. Una herramienta valiosísima para el análisis lógico lo constituyó la lógica simbólica.

9.4.- Ámbitos de problemas

9.4.1.-Fundamentos de la aritmética

En los escritos y discusiones del Círculo de Viena se trataron muchos problemas diferentes que surgen de las distintas ramas de la ciencia.

Los problemas de fundamentos de la aritmética adquirieron especial importancia histórica para el desarrollo de la concepción científica del mundo, ya que son los que dieron impulso al desarrollo de una nueva Lógica. Durante el desarrollo extraordinariamente fructífero de la matemática en los siglos XVIII y XIX, se prestó más atención a la riqueza de los nuevos resultados que a una cuidadosa revisión de los fundamentos

conceptuales. Pero, para que la Matemática no perdiese la siempre celebrada seguridad de su estructura, su revisión se volvió inevitable. Esta revisión llegó a ser aún más urgente cuando aparecieron ciertas contradicciones y paradojas. Se reconoció que no se trataba solamente de algunas dificultades en un ámbito especial de la Matemática, sino de contradicciones lógicas generales, “antinomias”, que indicaban errores esenciales en los fundamentos de la Lógica tradicional. La tarea de eliminar estas contradicciones dio un impulso especialmente fuerte al desarrollo ulterior de la Lógica. Los esfuerzos en la búsqueda de una clarificación del concepto de número le dieron la razón a aquellos que estaban a favor de una *reforma interna de la Lógica*. Ya Gottfried Leibniz y Johann Heinrich Lambert habían sostenido que, para un mejor entendimiento de la realidad, se requería de una mayor precisión de los conceptos y de los procedimientos de inferencia y que el medio para alcanzar esta precisión era un simbolismo construido según el modelo de la Matemática. Después de George Boole, John Venn y otros, Gottlob Frege (1884), Ernst Schröder (1890) y Giuseppe Peano (1895), trabajaron especialmente en esta tarea. Sobre la base de estos esfuerzos preparatorios Alfred North Whitehead y Bertrand Russell (1910) pudieron establecer un sistema coherente de Lógica en forma simbólica (logística), que no sólo evitaba las contradicciones de la Lógica antigua, sino que también las superaba en riqueza y aplicabilidad práctica. A partir de este sistema lógico derivaron los conceptos de la Aritmética y del Análisis, dando de ese modo a la Matemática un fundamento seguro en la Lógica, conocido como “logicismo”.

Sin embargo, se mantuvieron ciertas dificultades en este intento de superar la crisis de fundamentos de la Aritmética (y de la Teoría de conjuntos). En esa época, existían tres posiciones opuestas en este ámbito: además del “logicismo” de Bertrand Russell y Alfred North Whitehead estaba el “formalismo” de David Hilbert, que concebía a la Aritmética como un juego de fórmulas con reglas determinadas, y el “intuicionismo” de Luitzen Brouwer, según el cual los conocimientos aritméticos se basaban en una intuición no ulteriormente reducible. En el Círculo de Viena, los debates entre estas tres posiciones fueron seguidos con el mayor interés.

Relacionadas con los problemas de la Aritmética y la Lógica se encontraban también investigaciones con respecto a la naturaleza del método axiomático en general (conceptos de completitud, independencia, monomodismo, no-ambigüedad, etc.) así como también sobre el establecimiento de sistemas de axiomas para determinados ámbitos matemáticos.

9.4.2.- Fundamentos de la Física.

Originalmente el interés más fuerte del Círculo de Viena fue de los problemas del método de la ciencia de la realidad. Inspirados por las ideas de Ernst Mach, Henri Poincaré y Pierre Duhem, se discutieron los problemas del dominio de la realidad a

través de sistemas científicos, especialmente por medio de sistemas de hipótesis y de axiomas. Los conceptos que aparecen en los axiomas son determinados — o, en cierto modo, definidos — no por su contenido, sino sólo por sus mutuas relaciones a través de esos axiomas. Pero tal sistema de axiomas sólo adquiere un significado para la realidad mediante el añadido de definiciones adicionales, las llamadas “definiciones coordinativas”, a través de las cuales se establece qué objetos de la realidad deberían ser considerados como miembros del sistema de axiomas. Los resultados experimentales podían corroborar el sistema axiomático o introducir cambios en los axiomas o en las definiciones coordinativas.

El Círculo consideraba que el problema metodológico de la aplicación de los sistemas de axiomas a la realidad puede surgir en principio en cualquier rama de la ciencia. En esa época, que las investigaciones hayan sido fructíferas casi exclusivamente para la Física, puede entenderse por el grado de desarrollo histórico de esa ciencia, ya que la Física estaba bastante más adelantada que otras ramas de la ciencia en lo atinente a la precisión y refinamiento en la formación de conceptos. El análisis epistemológico de los conceptos fundamentales de la Física ya se había liberado de la mayoría de los elementos metafísicos. En particular, a través de los trabajos de Hermann von Helmholtz, Ernst Mach, Albert Einstein y otros, fueron pulidos los conceptos del espacio, tiempo, sustancia, causalidad y probabilidad. Las doctrinas del espacio absoluto y del tiempo absoluto fueron superadas por la teoría de la relatividad; espacio y tiempo dejaron de ser receptáculos absolutos, para ser sólo ordenadores de los procesos elementales. La estructura de la materia comenzó a entenderse mediante la Mecánica Cuántica y el comportamiento macroscópico mediante la teoría de campos. La causalidad fue despojada del carácter antropomórfico y se redujo a una relación entre condiciones, a una coordinación funcional. Además, en vez de algunas leyes de la naturaleza sostenidas estrictamente, se formularon leyes estadísticas e, incluso, — en conexión con la teoría cuántica — se extendió la duda de la aplicabilidad del concepto de legalidad causal estricta a los fenómenos de las regiones espaciotemporales más pequeñas. El concepto de probabilidad fue reducido al concepto empíricamente aprehensible de frecuencia relativa.

Por medio de la aplicación del método axiomático a los problemas nombrados, se separaron los componentes empíricos de la ciencia de los meramente convencionales, el contenido de los enunciados de la definición. Ya no quedó lugar para juicios sintéticos *a priori*. Al respecto, el Círculo sostenía que la posibilidad de conocimiento del mundo no radica en que la razón humana le imponga una forma al material, sino en que el material está ordenado de una manera determinada. Sobre el tipo y el grado de ese orden no se pueden saber nada de antemano. El mundo podría estar ordenado de una manera mucho más sencilla de lo que lo está; pero también podría estar de un modo mucho menos ordenado sin que se perdiera su cognoscibilidad. Sólo la investigación progresiva

de la ciencia experimental puede enseñar en qué grado el mundo es conforme a leyes. El método de la inducción, la inferencia del ayer al mañana, del aquí al allí, es sólo válido si existe una legalidad. Pero este método no descansa en alguna suposición *a priori* de esta legalidad. Puede ser aplicado en todos los casos en que conduce a resultados fructíferos, esté suficiente o insuficientemente fundamentado; pero nunca otorga certeza. Sin embargo, la reflexión epistemológica exige que a una inferencia inductiva se le debe dar significación sólo en la medida en que ésta puede ser contrastada empíricamente. La concepción científica del mundo no condenaría el éxito de un trabajo de investigación por el solo hecho de haber sido obtenido por medios que son inadecuados, poco claros desde el punto de vista de la Lógica o insuficientemente fundados empíricamente, pero se esforzaría y exigiría siempre la contrastación con medios auxiliares clarificados.

9.4.3. Fundamentos de la geometría.

Las investigaciones de Johann Carl Friedrich Gauss (1816), János Bolyai (1823), Nikolai Ivánovich Lobatchevski (1835) y otros, condujeron al desarrollo de geometrías no –euclidianas, a advertir que el sistema geométrico clásico de Euclides era sólo uno de un conjunto infinito de sistemas con igualdad de derechos lógicos. Esto hizo surgir la pregunta sobre cuál de esas geometrías era la del espacio real. Gauss ya había deseado resolver esta cuestión mediante la medición de la suma de los ángulos de un triángulo lo suficientemente grande. Esto convertiría a la Geometría Física en una ciencia empírica, en una rama de la Física. Posteriormente los problemas fueron estudiados con más detalles, particularmente por Bernhard Riemann (1868), Hermann von Helmholtz (1863) y Henri Poincaré (1904). Poincaré enfatizó especialmente el vínculo de la Geometría Física con todas las otras ramas de la Física: la pregunta concerniente a la naturaleza del espacio real puede ser respondida sólo en relación con un sistema total de la Física. Albert Einstein encontró tal sistema total que contestó esta pregunta en favor de un determinado sistema no-euclideo.

A través del mencionado desarrollo la Geometría física llegó a separarse cada vez más de la Geometría matemática pura. Esta última se formalizó gradualmente por medio del desarrollo ulterior del análisis lógico. Primero fue aritmetizada, esto es, interpretada como teoría de un determinado sistema de números. Luego fue axiomatizada, es decir, representada por medio de un sistema de axiomas que concibe los elementos geométricos (puntos, etc.) como objetos indeterminados, y que fija únicamente sus relaciones mutuas. Finalmente, la Geometría fue logizada, a saber, representada como una teoría de determinadas estructuras relacionales. De este modo la Geometría se convirtió en el ámbito más importante de aplicación del método

axiomático y de la teoría general de las relaciones. Ella dio el impulso más fuerte al desarrollo de estos dos métodos, los que llegaron a ser tan significativos para el desarrollo de la lógica misma y con ello, para la concepción científica del mundo.

Las relaciones entre la Geometría Matemática y la Geometría Física condujeron naturalmente al problema de la aplicación de los sistemas de axiomas a la realidad que jugó un papel importante en las investigaciones más generales sobre los fundamentos de la Física.

9.4.4.- Problemas de los fundamentos de Biología y Psicología.

La Biología fue siempre distinguida con predilección por los metafísicos, quienes la consideraron como un ámbito especial. Esto se manifestó en la doctrina de una fuerza vital especial: la teoría del vitalismo. A fines del siglo XIX se postularon diversos sustitutos de esa “fuerza vital” como los “dominantes” (Johannes Reinke, 1899) o las “entelequias” (Hans Driesch, 1905). Pero debido a que estos conceptos no satisfacían el requisito de reducibilidad a lo experimentalmente conocido, la concepción científica del mundo los rechazó por metafísicos. Lo mismo ocurrió con el llamado “psicovitalismo”, que proponía una intervención del alma, un “rol rector de lo espiritual en lo material”. Los trabajos de Eduard Buchner (1897), [antecedidos por los de María von Manassein (1871)] que demostraron que la fermentación alcohólica procede aún en ausencia de células derrumbaron la teoría del vitalismo y las teorías sucedáneas, — dando lugar, además, al surgimiento de la Química Biológica. No obstante, permaneció la tesis de que los procesos de naturaleza orgánica proceden de acuerdo con leyes que no pueden ser reducidas a leyes físicas.

En cuanto a los fundamentos de la Psicología, la concepción científica del mundo no pudo mostrar una estructura básica tan sólida como en el caso de la Física. Esto se debió a que, a principios del siglo XX, la Física, con su desarrollo de la teoría de la relatividad y la Mecánica Cuántica había alcanzado un grado de precisión conceptual mucho mayor que la Psicología. Las formas lingüísticas con las que se hablaba en el ámbito de lo psíquico se habían formado en la antigüedad sobre la base de ciertas ideas metafísicas sobre el alma. La formación de conceptos en el ámbito de la Psicología se dificultaba sobre todo por estas deficiencias del lenguaje: carga metafísica e incongruencia lógica, además de ciertas dificultades fácticas. Todo ello condujo a que los conceptos usados en la Psicología estuvieran definidos inadecuadamente. En muchos casos, no se estaba seguro si los conceptos poseían significado o si sólo aparentaban tenerlo por el uso del lenguaje. De este modo, para el análisis epistemológico quedaba todavía casi todo por hacer y este análisis era más difícil que en el ámbito de lo físico.

El Círculo de Viena consideró que el lenguaje que se utiliza para expresar hechos empíricos debe servirse de símbolos que se relacionen entre sí mediante un lenguaje

formalizado. Esto se ha etiquetado como “fisicalismo”, ya que considera que el único lenguaje aceptable es el lenguaje de la Física. Incluso la actividad psíquica se podía delimitar dentro de un lenguaje fisicalista. Así Carnap afirmó “Toda proposición de psicología puede formularse en lenguaje fisicalista”. Para decir esto en el modo general de hablar: todas las proposiciones de psicología describen acontecimientos físicos, a saber, la conducta física de los humanos y de otros animales. Esta es una tesis parcial de la tesis general del fisicalismo que afirma que “el lenguaje fisicalista es un lenguaje uni- versal al cual puede traducirse cualquier proposición”.

El fisicalismo de Carnap estaba basado sobre la lingüística del *Tractatus logico-philosophicus* de Ludwig Wittgenstein.

El intento de la Psicología conductista de aprehender todo lo psíquico por medio de la conducta de los cuerpos, — lo que es accesible a la percepción — convirtió al conductismo en la teoría psicológica más afín a la concepción científica del mundo.

9.4.5.- Fundamentos de las ciencias sociales.

En su desarrollo, tarde o temprano toda rama de la ciencia es llevada a la necesidad de una revisión epistemológica de sus fundamentos, a un análisis lógico de sus conceptos. Esto también ocurrió en los ámbitos de las ciencias sociológicas, en primer lugar, la Historia y la Economía Política. En estos ámbitos, ya desde mediados del siglo XIX había comenzado un proceso de eliminación de vestigios metafísicos, aunque la depuración no alcanzó el mismo grado que en la Física. Aun en el período de máximo desarrollo de la metafísica y de la teología, la influencia metafísica en las ciencias sociales no fue particularmente fuerte debido, quizás, a que los conceptos en este ámbito, — tales como guerra y paz, importación y exportación, etc., — están más cerca de la percepción directa que conceptos imperceptibles como átomo y éter. No resultó muy difícil abandonar conceptos tales como “espíritu del pueblo” y en vez de ellos elegir grupos de individuos de un tipo determinado — artesanos, proletariado, etc., — como objeto de estudio. François Quesnay, Adam Smith, David Ricardo, Auguste Comte, Karl Marx, Carl Menger, Léon Walras, para mencionar investigadores de las más diversas tendencias, desarrollaron sus ideas manteniendo posiciones empiristas y antimetafísicas. Ellos consideraban que los objetos de la Historia y de la Economía Política son las *personas*, las *cosas* y su *ordenamiento*.

9. 5.- Disolución del Círculo de Viena.

En 1936 Schlick fue asesinado por un exalumno nazi, Hahn había muerto dos años antes, y la mayor parte los miembros del Círculo eran judíos. Con el advenimiento del

nazismo en Alemania y la anexión de países vecinos, se produjo una diáspora que llevó a su disolución. Feigl se fue a Estados Unidos junto con Carnap, seguidos de Kurt Gödel y Edgar Zilsel; Neurath se exilió a Inglaterra; y, en 1938, las publicaciones del Círculo de Viena fueron prohibidas en Alemania. En 1939 Carnap, Neurath y Morris publicaron la *Enciclopedia internacional de la ciencia unificada*, que se puede considerar la última obra del Círculo de Viena.

Posteriormente, muchas de las teorías fundamentales de la Concepción Científica del Mundo fueron revisadas. Incluso el propio Carnap reconoció que el postulado de la simplicidad del Círculo de Viena provocaba “una cierta rigidez, por lo que nos vimos obligados a realizar algunas modificaciones radicales para hacer justicia al carácter abierto y a la inevitable falta de certeza en todo conocimiento fáctico”. De ahí que en adelante Carnap abandonó el concepto de verificabilidad sustituyéndolo por el de *controlabilidad* suponiendo que un enunciado es controlable cuando conocemos un método para su confirmación.

El Círculo de Viena debió afrontar, también, las críticas de Karl Popper, que consideraba, desde los presupuestos falsacionistas, que el criterio de verificabilidad se contradecía a sí mismo y era incapaz de encontrar leyes universales mediante la inducción empírica.

9.6.- A modo de resumen.

El programa del Círculo de Viena (caracterizado como “neopositivista”) profundizaba en temas tan diversos como la Matemática, la Psicología, el análisis lógico (siguiendo la filosofía de Gottlob Frege, Ludwig Wittgenstein, Alfred North Whitehead y otros), la metodología de las ciencias empíricas (basada en los trabajos de Bernhard Riemann, Albert Einstein, etc.) o la sociología positivista (con influencias que iban desde Epicuro y Jeremy Bentham, hasta John Stuart Mill y Karl Marx).

Como características del grupo se podría destacar su posición antimetafísica, su análisis del lenguaje, el recurso a la lógica y su defensa de los métodos de las ciencias naturales y de las matemáticas. Las raíces de estas posiciones se encuentran fundamentalmente en el empirismo de David Hume y John Locke, el positivismo de Auguste Comte y el empirocriticismo de Ernst Mach, que basan toda fuente de conocimiento en la experiencia. Esto significa que rechazaban todo tipo de conocimiento apriorístico (anterior a la experiencia) y cualquier proposición que no pudiera ser confrontada por la experiencia. Para determinar qué enunciados podían ser aceptados como científicos propusieron el *principio de demarcación* o *de verificabilidad*. Este principio expone que un enunciado será considerado científico solo si puede ser

constatado por hechos verificables, de aquí se deduce que solo pueden asumirse como verdaderos los enunciados después de compararlos con hechos objetivos. El principio de demarcación eliminó cualquier tipo de pretensión de un conocimiento teológico o metafísico, incluso la ética fue considerada por ellos como un conjunto de enunciados acerca de emociones.

Además, el lenguaje que se utiliza para expresar estos hechos empíricos debe servirse de símbolos que se relacionen, a su vez, entre sí mediante un lenguaje formalizado. Todo lo expuesto anteriormente puede ser etiquetado como fisicalismo, ya que considera que el único lenguaje aceptable es el lenguaje de la Física. Incluso la actividad psíquica se podía delimitar dentro de un lenguaje fisicalista, esto es: todas las proposiciones de psicología describen acontecimientos físicos, a saber, la conducta física de los humanos y de otros animales. Esta es un aspecto parcial de la tesis general del fisicalismo que considera que el lenguaje fisicalista es un lenguaje universal al cual puede traducirse cualquier proposición.

Debido a esta traducción de cualquier hecho a un dato observable se pretendió, amparada en esta descripción lingüística, la “unificación de todas las ciencias”. Se propuso que no se diferenciaron los conocimientos de distintas áreas de la realidad siempre que estuvieran referidas a hechos, porque la realidad forma una estructura compacta y coherente, de tal manera que el lenguaje científico es capaz de expresarla.

9.7.- Bibliografía.

Klimovsky, G., (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J., (1994): *La estructura del conocimiento científico.* 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires

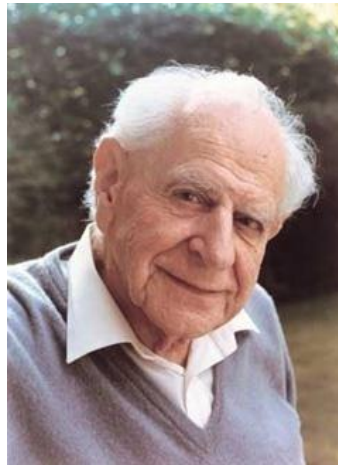
Lorenzano, P., (2002): *La concepción científica del mundo: El Círculo de Viena.* Por la Asociación Ernst Mach, Hans Hahn, Otto Neurath, Rudolf Carnap. Presentación y traducción Pablo Lorenzano. Revista Redes Vol. 9, <nº 18, Buenos Aires.

Lorenzano, P., (2004): *Filosofía de la Ciencia.* Universidad Nacional de Quilmes. Bernal.

Nagel, E., (1968): *La estructura de la ciencia.* Ed. Paidós. Buenos Aires.

Stadler, F., (2011): *El Círculo de Viena: Empirismo lógico, ciencia, cultura y política.* Fondo de Cultura económica. Buenos Aires.

X.- KARL RAIMUND POPPER.



10.1.- Biografía.

Karl Raimund Popper nació en Viena el 28 de julio de 1902. Fue hijo del abogado *Simon Siegmund Carl Popper* y de *Jenny Schiff*.¹

En la Viena de principios del siglo XX la situación de los judíos era compleja: por un lado, pertenecían a las capas medias y altas de la sociedad, ocupando con frecuencia posiciones destacadas en la economía y la política. Pero, por otra parte, eran habituales las demostraciones cotidianas de antisemitismo.

En 1918, cuando Karl Popper inició sus estudios como alumno libre en la Universidad de Viena, la escena política estaba dominada por los movimientos de izquierda, era la época de la llamada Viena Roja. Popper se implicó en este movimiento, ingresando en la Asociación de Jóvenes Estudiantes Socialistas y luego en el Partido Comunista. Pero tras un violento enfrentamiento entre los comunistas y la policía vienesa en el que perecieron ocho personas, Popper se alejó rápidamente del comunismo. En 1922

¹ La familia de Popper era de origen judío, pero los padres de Karl se habían convertido al luteranismo antes que Karl naciera.

formalizó sus estudios universitarios y en 1925 obtuvo su diploma de maestro de escuela primaria. En 1928, defendió su tesis doctoral en Filosofía y al año siguiente obtuvo la habilitación como docente de Matemática y Física para escuelas secundarias. En estos años tomó contacto con el llamado Círculo de Viena, liderado por Moritz Schlick quien fue su Profesor de Filosofía de las Ciencias Inductivas en la Universidad. Como hemos comentado en el Capítulo X, el Círculo incluía a pensadores como Rudolf Carnap, Otto Neurath, Viktor Kraft, Hans Hahn y Herbert Feigl y su principal objetivo era el de unificar las ciencias despojándolas de toda concepción metafísica y teológica, un proyecto que Schlick en particular consideraba derivado de la proposición del *Tractatus* de Ludwig Wittgenstein. Si bien Popper mantuvo una relación amistosa con varios miembros del Círculo y compartió con ellos la estima por la ciencia, su aversión a la obra de Wittgenstein lo enemistó con Schlick y nunca fue invitado a ser integrante de ese grupo. Popper siempre cuestionó algunos de los postulados más significativos de este grupo de pensadores. Especialmente consideró que el Círculo tenía un enfoque erróneo de la teoría del significado y de la verificación en la metodología científica. Sus críticas hicieron que Neurath le confiriera el título de “oposición oficial” a las ideas del Círculo. No obstante, la crítica de Popper no fue mal recibida por el Círculo y, de hecho, su *Logik der Forschung*, que se constituyó en la principal contribución a la Epistemología de la Ciencia, apareció por primera vez en una serie de publicaciones del propio círculo vienés, a pesar de que contenía una moderada crítica al positivismo de esta comunidad de filósofos. La obra fue recibida como fruto de las discusiones del Círculo, lo que llevó a muchos a calificar equivocadamente a Popper como positivista. Este libro tuvo una repercusión inusual en los ámbitos filosóficos y en 1935, Popper fue invitado a dar unas conferencias en Londres sobre el tema.

El ascenso del nacionalsocialismo en Austria provocó la disolución del Círculo de Viena. En 1936 su fundador Moritz Schlick fue asesinado por un estudiante, lo que fue abiertamente celebrado por la prensa cercana al nacionalsocialismo. En 1937, los partidarios de Hitler tomaron el poder en Austria y Popper, ante la amenazante situación política, se exilió en Nueva Zelanda tras intentar en vano emigrar a Estados Unidos y Gran Bretaña. En Viena quedaron todos sus familiares, 16 de los cuales fueron asesinados por los nazis.

En Christchurch, Nueva Zelanda, Popper comenzó a dar clases de Filosofía en el *Canterbury College*. La anexión de Austria en 1938, lo llevó a reorientar sus estudios hacia la filosofía de la Política y la Sociología. Durante la guerra comenzó a redactar su “La sociedad abierta y sus enemigos” (*Die offene Gesellschaft und ihre Feinde*) que recién se publicaría en inglés en 1945. También de aquella época data su amistad y colaboración con el neurobiólogo John C. Eccles, junto al que escribiría, en 1977, “El Yo y el cerebro”.

Al finalizar la guerra, Popper viajó a Londres y en 1946 ingresó como profesor de Filosofía en la London School of Economics and Political Science, recomendado por el

sociólogo y economista ultraliberal Friedrich August von Hayek. La relación con von Hayek fue bastante controvertida. A pesar de que ambos mantenían posiciones metodológicas parecidas y de que Popper hizo suyos algunos conceptos fundamentales de las obras de Hayek, — tales como el principio del orden espontáneo, — lo cierto es que desconfiaba de los mecanismos puros del mercado libre que abanderaba Hayek, predicando más bien cierta política reformista e intervencionista con orientación social que no desembocara, en cualquier caso, en el control o en la propiedad estatal. En 1949, fue nombrado Profesor de Lógica y Método Científico de la Universidad de Londres.

En 1969 se retiró de la vida académica activa, pasando a la categoría de profesor emérito, a pesar de lo cual continuó publicando hasta su muerte, en East Croydon (Londres), el 17 de septiembre de 1994.

Los logros filosóficos de Karl Popper le valieron numerosos reconocimientos, tales como ser nombrado, en 1969, caballero del Reino Unido por la reina Isabel II. En 1982 recibió la insignia de Compañero de Honor (Companion of Honour). También recibió el premio Lippincott de la Asociación Norteamericana de Ciencias Políticas y el premio Sonning. Fue miembro de la Sociedad Mont Pelerin, una comunidad de estudios fundada por Hayek para promover una agenda política liberal, así como de la Royal Society de Londres, con el rango de miembro, y de la Academia Internacional de la Ciencia. Entre otras, cultivó la amistad del canciller alemán Helmut Schmidt. Algunos conocidos discípulos de Popper fueron Hans Albert, Imre Lakatos y Paul Feyerabend, que fue también uno de sus más firmes críticos.

Son varios los rasgos biográficos que influyeron particularmente en el pensamiento de Popper. En primer lugar, su relación adolescente con el marxismo lo familiarizó completamente con el enfoque marxista de la economía, con la lucha de clases y con el materialismo histórico. También quedó anonadado por el fracaso de organizaciones democráticas para prevenir la marea creciente del fascismo en su Austria natal, así como con el beneplácito con que el marxismo recibió al Anschluss. El marxismo austríaco sostuvo que la anexión de Austria al Tercer Reich era un paso dialéctico necesario hacia la implosión de capitalismo y hacia la victoria revolucionaria del comunismo. Esto lo llevó a escribir, en su destierro, *“La Pobreza del Historicismo”* (1944). Este libro y *“La Sociedad Abierta y Sus Enemigos”* (1945), fueron sus más apasionados y brillantes escritos sociales. En ellos hizo una fuerte defensa del liberalismo democrático y una crítica devastadora de los principales presupuestos filosóficos subyacentes a todas las formas de totalitarismo. En tercer lugar, Popper quedó profundamente impresionado por las diferencias entre las “teorías científicas” de Freud y Adler y la revolución efectuada en la Física por la teoría de la relatividad de Einstein. Popper observó que mientras la teoría de Einstein era sumamente arriesgada, en el sentido de que sus consecuencias resultaban improbables a la luz de la física newtoniana dominante (por

ejemplo, que la luz se curve por acción de cuerpos másicos²) y que en el caso de contrastaciones negativas derrumbarían todo el cuerpo teórico. En cambio, en principio no había ningún experimento que sirviese para refutar una teoría psicoanalítica. Popper consideró que las teorías psicoanalíticas tenían más rasgos comunes con los mitos primitivos que con la ciencia genuina. Vio que lo que parece ser la fuente principal de solidez del psicoanálisis y la base principal sobre la cual establecía su pretensión de estatus científico, — esto es, su capacidad para acomodar y explicar cada forma posible del comportamiento humano — presenta, de hecho, una debilidad crítica al no ser auténticamente predictiva. Por su naturaleza, las teorías psicoanalíticas son tan poco precisas que resulta imposible la refutación contundente de cualquiera de sus conclusiones y esto las inmuniza ante la falsación experimental. Popper también sostuvo que la concepción histórica del marxismo tampoco es científica, si bien difiere del psicoanálisis en algunos aspectos cruciales. Consideró que, inicialmente, el marxismo había sido científico y que la teoría tal como la había postulado Marx era auténticamente predictiva. Pero, cuando esas predicciones no se confirmaron en los hechos, la teoría fue “salvada” de la refutación mediante una suma de hipótesis “*ad hoc*” que la hicieran compatibles con los hechos. Por ello, Popper afirmó que, si bien el marxismo había sido inicialmente una teoría científica, degeneró en un dogma pseudocientífico.

Sus observaciones sobre el psicoanálisis y el marxismo se combinaron para que Popper tomara la “falsabilidad” como criterio de demarcación que diferenciase a la ciencia de la no-ciencia. Si una teoría es incompatible con las posibles observaciones empíricas, es científica. Recíprocamente, si una teoría es compatible con todas las observaciones empíricas, — tal como el caso del marxismo, — debido a que se puede modificar para acomodarse a tales observaciones o, — como el caso del psicoanálisis — porque es consistente con todas las posibles observaciones, es no - científica. Pero para Popper, afirmar que una teoría no es científica no implicaba necesariamente que fuera poco culta o que no tuviese sentido, ya que podía ocurrir que una teoría no-científica (porque no era falsable) en un momento dado, podría volverse falsable, y por ende científica, mediante el desarrollo de la tecnología o con una posterior articulación y refinamiento teórico.

Es importante señalar que el criterio de demarcación no decide sobre la veracidad o falsedad de una afirmación, sino sólo sobre si tal afirmación ha de ser estudiada y discutida dentro de la ciencia o, por el contrario, se sitúa en el campo más especulativo de la metafísica. Para Popper *una proposición es científica si puede ser refutable*, es decir, susceptible de que en algún momento se puedan plantear ensayos o pruebas para refutarla, independientemente de que salgan airoas o no de dichos ensayos. En este punto Popper discrepó intencionadamente del programa positivista, que establecía una

² Lo que fue comprobado el 30 de marzo de 1919 por Arthur Stanley Eddington al registrar, durante un eclipse, la curvatura de los rayos luminosos que pasaban tangentes a la superficie solar.

distinción entre proposiciones contrastables (positivas), tales como *Hoy llueve* y aquellas que no son más que abusos del lenguaje y carecen de sentido, por ejemplo, *Dios existe*. Para Popper, este último tipo de proposiciones sí tiene sentido y resulta legítimo discutir sobre ellas, pero han de ser distinguidas y separadas de la ciencia. Su criterio de demarcación le trajo sin querer un conflicto con Ludwig Wittgenstein, el cual también sostenía que era preciso distinguir entre proposiciones con sentido y las que no lo tienen. El criterio de distinción, para Wittgenstein, era el del "significado": solamente las proposiciones científicas tenían significado, mientras que las que no lo tenían eran pura metafísica. Era tarea de la filosofía desenmascarar los sinsentidos de muchas proposiciones autodenominadas científicas a través de la aclaración del significado de las proposiciones. A Popper se lo encuadró en la posición de Wittgenstein cuando en *Logik der Forschung* formuló su idea de la demarcación, pero él mismo se encargó de aclarar que no estaba de acuerdo con dicho planteamiento, y que su tesis no era ningún criterio de significación (Popper siempre huyó de cualquier intento por aclarar significados antes de plantear teorías). Es más, Popper planteó que muchas proposiciones que para Wittgenstein tenían significado no podían calificarse como ciencia como, por ejemplo, el psicoanálisis o el marxismo, ya que ante cualquier crítica se defendían con hipótesis *ad hoc* que impedían cualquier refutación.

Lo cierto es que Popper era consciente del enorme progreso en el conocimiento científico que se experimentó en los siglos que le precedieron, en tanto que problemas como la existencia de Dios o el origen de la ley moral parecían resistirse sin remedio, puesto que no mostraban grandes avances desde la Grecia clásica. Por ello, la búsqueda de un criterio de demarcación aparece ligada a la pregunta de ¿qué propiedad distintiva del conocimiento científico ha hecho posible el avance en nuestro entendimiento de la naturaleza? Algunos filósofos habían buscado respuesta en el inductivismo, según el cual cuando una ley física resulta repetidamente confirmada por nuestra experiencia podemos darla por cierta o, al menos, asignarle una gran probabilidad. Pero tal razonamiento, como ya fuera notado por David Hume, no puede sostenerse en criterios estrictamente lógicos, puesto que éstos no permiten extraer (inducir) una ley general (universal) a partir de un conjunto finito de observaciones particulares. Popper superó la crítica de Hume abandonando por completo el inductivismo y sosteniendo que lo primero son las teorías, y que sólo a la luz de ellas nos fijamos en los hechos. Nunca las experiencias sensibles anteceden a las teorías, por lo que no hay necesidad de responder cómo pasamos de las experiencias particulares a las teorías. Toda observación científica es selectiva y tiene una carga teórica. No hay una observación científica pura totalmente exenta de una hipótesis o teoría acerca de lo que se quiere observar. Con ello, Popper superó la polémica entre empirismo y racionalismo, sosteniendo que las teorías anteceden a los hechos, pero que las teorías necesitan de la experiencia (en su caso, para las refutaciones) para distinguir qué teorías son aptas de las que no.

La salida a este dilema, propuesta en *La lógica de la investigación científica*, es que el conocimiento científico no avanza *confirmando* nuevas leyes, sino *descartando* leyes

que contradicen la experiencia. A este descarte Popper lo llamó *falsación*. De acuerdo con esta nueva interpretación, la labor del científico consiste principalmente en criticar (acto al que Popper siempre concedió la mayor importancia) leyes y principios de la naturaleza para reducir así el número de las teorías compatibles con las observaciones experimentales disponibles. El criterio de demarcación puede definirse entonces como la capacidad de una proposición de ser refutada o, como ha sido llamada, la *falsabilidad*. Sólo se admitirán como proposiciones científicas aquellas para las que sea conceptualmente posible un experimento o una observación que las contradiga. Así, dentro de la ciencia quedan, por ejemplo, la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica y, fuera de ella, el marxismo, la astrología o el psicoanálisis.

Las ideas de Popper reflejan un profundo rechazo a la inducción como método característico de investigación científica e inferencia. Es fácil obtener evidencia favorable a casi cualquier teoría. Pero tal “corroboración” sólo será científica si es un resultado positivo de una genuina “predicción”, en la que es concebible el riesgo de que sea falsa. Dado que una teoría es científica si puede ser refutada por un evento concebible, las contrastaciones positivas de una teoría no garantizan la verdad de la misma: no la “*verifican*” sino que sólo “*corroboran*” su enunciado.

Toda prueba genuina de una teoría científica puede considerarse, desde el punto de vista lógico, como un intento para refutarla. Existe una asimetría entre verificación y refutación. Tal como lo expresara claramente Hume, mediante la experiencia es lógicamente imposible verificar concluyentemente una proposición universal, pero un único contraejemplo refuta concluyentemente la proposición universal correspondiente.

Para Popper, el crecimiento del conocimiento humano procede de nuestros problemas y de nuestros intentos por resolverlos. Esos intentos involucran la formulación de teorías que, si se formulan para explicar anomalías de teorías anteriores, deben ir más allá del conocimiento existente lo que requiere un salto en la imaginación o “salto creativo”. Popper le asignó un carácter primordial a los problemas del conocimiento al punto que llamó a los científicos “solucionadores de problemas”. Dado que el científico comienza con problemas más que con observaciones o meros hechos, Popper sostuvo que la única técnica lógica que es parte integral del método científico es la comprobación deductiva de las teorías. En este procedimiento deductivo, las conclusiones se infieren de una hipótesis tentativa. Estas conclusiones se comparan con otras y con otros enunciados relevantes para determinar si corroboran o refutan la hipótesis.

En el proceso deductivo se distinguen cuatro etapas.

- a) una etapa inicial *formal*, en la que se chequea la consistencia interna de la teoría para determinar si involucra alguna contradicción.
- b) La segunda etapa es *semi-formal*. Se produce la axiomatización de la teoría para distinguir entre sus elementos empíricos y sus elementos lógicos. Al efectuar esta etapa,

el científico hace explícita la forma lógica de la teoría. No hacerlo puede llevar al científico a cometer errores, como buscar datos empíricos donde no los hay.

c) La tercera etapa consiste en comparar la nueva teoría con las ya existentes y determinar si constituye un avance respecto de ellas; si no lo es, no debe ser aceptada. En cambio, si al igual que las teorías existentes, la nueva teoría explica satisfactoriamente las observaciones y además explica fenómenos o resuelve problemas que hasta ese momento no eran posibles de explicar o resolver mediante las teorías existentes, debe considerarse un avance científico y ser adoptada. De esta manera, la ciencia involucra un progreso teórico. Pero Popper enfatizó que la afirmación de que una teoría es mejor que otra debe ser el resultado de una comprobación deductiva más que inductiva. Por esta razón, argumentó que una teoría se debe considerar mejor que otra si (en tanto ninguna sea refutada) tiene mayor contenido empírico y, consecuentemente, mayor poder predictivo que su teoría rival. El ejemplo clásico de la Física es el reemplazo de la teoría de la gravitación universal de Newton por la teoría de la relatividad de Einstein.

d) La cuarta y última etapa implica contrastar una teoría mediante la aplicación empírica de las conclusiones que de ella se derivan. Si tales conclusiones muestran ser verdaderas, la teoría ha sido *corroborada* (pero nunca verificada). Si una conclusión resulta ser falsa, debe tomarse como una señal de que la teoría no puede ser completamente correcta (desde el punto de vista lógico, la teoría ha sido refutada) y la teoría debe modificarse o cambiarse por una nueva teoría, aunque no debe abandonarse hasta tener una teoría mejor. De esta manera, Popper retiene algunos aspectos del empiricismo. Si bien la experiencia no puede *determinar* la teoría, la puede *delimitar* mostrando cuales teorías son falsas. Dado que es imposible verificar una teoría mediante la inducción y que en un proceso deductivo los resultados positivos de la contrastación de las consecuencias observacionales solo *corroboran* la teoría hasta que alguna consecuencia la refute, *toda teoría nace provisoria y muere cuando se formula una nueva teoría que al tener mayor contenido empírico explica lo que aquella no puede explicar y tiene mayor poder predictivo.*

En el sistema de Popper se combina la racionalidad con la extrema importancia que la crítica tiene en el desarrollo de nuestro conocimiento. Es por eso que tal sistema fue bautizado como racionalismo crítico.

Las ideas de Popper sobre el conocimiento científico pueden considerarse como la base que sustenta el resto de sus contribuciones a la filosofía. Aún hoy, su concepción de falsabilidad es comúnmente aceptada como criterio válido para juzgar la respetabilidad de una teoría.

Sus ideas también han sido criticadas, por lo que Popper amplió y matizó su trabajo originario en sucesivas ediciones y *Post Scripts*.

Además de sus notables contribuciones a la epistemología, Popper es recordado por muchos como un filósofo social, teórico del liberalismo y defensor de la sociedad abierta

frente a los sistemas que, según su concepción, resultaban totalitarios, tales como el comunismo y el nacionalsocialismo. Sin embargo, para comprender sus posiciones políticas, es preciso partir de sus aportaciones a la teoría del conocimiento.

En “*La sociedad abierta y sus enemigos*”, escrita durante la Segunda Guerra Mundial desde su exilio en Nueva Zelanda, Popper se propuso aplicar a la política sus teorías sobre la ciencia y el avance del conocimiento indagando en la historia de la filosofía para trazar los orígenes de los totalitarismos del siglo XX.

En el opúsculo *La Miseria del historicismo*, cuyo título parafrasea el de la obra de Karl Marx “*La Miseria de la Filosofía*”, a su vez una burlesca crítica a “*La Filosofía de la Miseria*”, de Pierre-Joseph Proudhon — dedicado a todos los hombres, mujeres y niños de todos los credos, razas y religiones que cayeron víctimas de creencia fascista y comunista que las leyes de la historia son inexorables — Popper criticó a un grupo de doctrinas que él denominó “historicistas” y que tienen en común la capacidad de la sociología de predecir el curso de la historia.

Entre las críticas a Popper, Thomas Kuhn, en su influyente obra “La estructura de las revoluciones científicas” argumentó que pocas veces los científicos han actuado siguiendo estrictamente los postulados popperianos del falsacionismo. Kuhn defendió la tesis de que la ciencia ha avanzado a través de *paradigmas* que dominan la mentalidad de cada época: los nuevos desarrollos científicos son únicamente examinados a la luz del paradigma en uso y dentro de ese paradigma no se lo intenta “falsar” sino completarlo. Imre Lakatos, discípulo de Popper, trató de reconciliar esta postura con la de su maestro mediante la introducción de *programas de investigación*, los cuales serían el objeto de crítica y falsación, en lugar de las más concretas *proposiciones universalmente válidas* de las que hablaba Popper. En este contexto, la tesis de Williard van Orman Quine — Pierre Duhem afirmaba que es imposible contrastar una hipótesis aislada, puesto que ésta siempre forma parte de una red interdependiente de teorías. Otro discípulo de Popper, Paul Feyerabend tomó una posición mucho más radical: no existe ningún método general para ampliar o examinar nuestro conocimiento y la única descripción del progreso científico es *anything goes (todo sirve)*.

En las ciencias sociales, Popper mantuvo una viva controversia conocida como la *disputa positivista (Positivismus streit)* de la sociología alemana. El enfrentamiento fue abierto por un ensayo titulado *Lógica de las ciencias sociales* que fue presentado por Popper en 1961 en el congreso de la Sociedad Alemana de Sociología en Tübingen. El filósofo vienés y su discípulo Hans Albert afirmaron que toda teoría con pretensiones científicas, aun dentro de las ciencias sociales, debía ser falsable. A esta visión de la Sociología se opusieron los dialécticos de la Escuela de Francfort, Theodor Walter Adorno y su discípulo Jürgen Habermas. En este contexto ha de entenderse una carta de Popper, publicada sin su consentimiento en 1970 en el semanario alemán Die Zeit y titulada *Contra las grandes palabras*. En ella, Popper ataca duramente la obra de

Adorno y Habermas acusándolos de emplear un lenguaje inflado y pretencioso pero vacío de contenido.

En la historia del pensamiento se ha criticado la utilización de categorías ahistóricas por parte de Karl Popper en su evaluación de la obra de autores clásicos, en especial Platón. George Klosko, (*Philosophy of the Social Sciences*.1996; 26: 509-527) destaca que en *La sociedad abierta y sus enemigos* Popper presenta a Platón como un antecesor del totalitarismo moderno, una categoría que sólo cobra sentido en el mundo posterior a la Gran Guerra. Según esta crítica, Popper subordina el conocimiento histórico a su uso político inmediato, y se desentiende de las preocupaciones metodológicas de la buena historia del pensamiento, como la necesidad de recurrir a la filología y la reconstrucción contextualizada del sentido para acercarse a una realidad antropológicamente lejana como la Grecia clásica.

A través de los años, las ideas de Popper fueron expresadas a través de los siguientes trabajos:

- *Logik der Forschung*, 1934 (*La Lógica de la Investigación Científica*): fue traducida al inglés en 1959. Retocada en 1968 para una nueva edición, la obra marca distancias respecto del neopositivismo dominante a partir del Círculo de Viena.
- *The Open Society and Its Enemies*, 1945 (*La Sociedad Abierta y sus Enemigos*): Redactada durante sus años de exilio La primera edición fue publicada en inglés. En ella, Popper analizó muy críticamente las visiones políticas sustentadas por Platón, Hegel y Marx. En 1966, se publicó una edición revisada.
- *The Poverty of Historicism*, 1961 (*La Miseria del Historicismo*): Publicada originalmente en inglés, es una crítica al marxismo en línea con su obra anterior. En 1961 se publicó una segunda edición corregida.
- *Conjectures and Refutations: The Growth of Scientific Knowledge*, 1963 (*Conjeturas y Refutaciones: el Crecimiento del Conocimiento Científico*): Revisada por el autor en 1972, se trata de una obra producto de varios años de trabajo; algunos de sus escritos se publicaron en forma independiente antes de que el libro fuera publicado.
- *Objective Knowledge: An Evolutionary Approach*, 1972 (*Conocimiento Objetivo: una Perspectiva Evolucionaria*): Su primera edición fue en inglés.
- *Unended Quest; An Intellectual Autobiography*, 1976 (*Búsqueda sin Término: una Autobiografía Intelectual*): Un repaso sobre diversos problemas filosóficos recurrentes en su obra.
- *The Self and Its Brain: An Argument for Interactionism*, 1977 (*El Yo y su Cerebro: una Discusión a favor del Interaccionismo*, junto a Sir John C. Eccles): Su primera edición fue en inglés; aborda diversos problemas relacionados con la filosofía de la mente, alguno de ellos ya tratados en *Conjeturas y refutaciones*.
- *Die beiden Grundprobleme der Erkenntnis theorie – Auf grund von Manuskripten aus den Jahren 1930-1933*, 1979 (*Los Dos Problemas Fundamentales de la Epistemolo-*

gía - *A partir de Manuscritos de los años 1930 –1933*, Editado por Troels Eggers Hansen).

- *The Open Universe: An Argument for Indeterminism*, 1982 (*El Universo Abierto: una Discusión a favor del Indeterminismo*)
- *Realism and the Aim of Science*, 1982 (*Realismo y el Objetivo de la Ciencia*)
- *Die Zukunft ist offen* 1985 (*EL Futuro está Abierto*, junto a Konrad Lorenz)
- *The Lesson of this Century*, 1992 (*La lección de este Siglo*, entrevistas por Giancarlo Bosetti)
- *The World of Parmenides*, (*El Mundo de Parménides*)
- *The Myth of the Framework: In Defence of Science and Rationality*, 1994 (*El Mito del Marco Común: en Defensa de la Ciencia y la Racionalidad*)
- *Knowledge and the Mind–Body Problem: In Defence of Interactionism*, 1994 (*El Conocimiento y el Problema de la Mente y el Cuerpo: en Defensa del Interaccionismo*)
- *Quantum Theory and the Schism in Physics*, (*Teoría Cuántica y el Cisma en la Física*)
- *In Search of a Better World*, (*En Busca de un Mundo Mejor*): Última obra publicada por Popper, en él se abordan desde cuestiones relacionadas con la teoría del conocimiento hasta otras vinculadas a la política y el arte.

10.2.- Bibliografía.

- **Antiseri, D., (2002):** *Karl Popper: Protagonista del siglo XX*. Unión Editorial. Madrid.
- **Artigas, M., (2001):** *Lógica y ética en Karl Popper*, Ediciones Universidad de Navarra. Barañain.
- **Klimovsky, G., (2005):** *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.
- **Lorenzano, C. J., (1994):** *La estructura del conocimiento científico*. 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires
- **Nagel, E., (1968):** *La estructura de la ciencia*. Ed. Paidós. Buenos Aires.
- **Perona, A. J. (1993):** *Entre el liberalismo y la socialdemocracia. Popper y la ‘sociedad abierta’*. Editorial Anthropos. Barcelona.
- **Popper, K. R., (1983):** *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*, Paidós, Barcelona.
- **Popper, K.R., (1981):** *La sociedad abierta y sus enemigos*. Paidós, Barcelona.
- **Popper, K.R., (2008):** *La lógica de la investigación científica*. Tecnos. Madrid.
- **Popper, K.R., (1974):** *Conocimiento objetivo. Un enfoque evolucionista*, Tecnos, Madrid.

XI.- IMRE LAKATOS.



Fig. 11.1. I. Lakatos

11.1.- Biografía

Imre Lakatos fue un filósofo de la matemática y de la Ciencia en general que contribuyó a estas disciplinas con su tesis sobre la falibilidad de la Matemática, su “metodología sobre pruebas y refutaciones” y también por introducir el concepto de “programas de investigación” en su metodología de la investigación científica.

Nació el 9 de noviembre de 1922 en Debrecen, Hungría. Su verdadero nombre era Imre (Avrum) Lipschitz y provenía de una antigua familia judía de esa ciudad. Durante la época del nazismo, cambió su nombre por Imre Molnár como una forma de evitar la persecución, aunque su madre y su abuela murieron en Auschwitz. Durante la Segunda Guerra Mundial participó activamente en la resistencia antinazi, adoptando el nombre de Imre Lakatos (cerrajero) en honor a Géza Lakatos, un general húngaro que derrocó a un gobierno pronazi. Mientras tanto, estudió Matemática, Física y Filosofía en la Universidad de Debrecen de donde obtuvo su primer grado académico en 1944. Profundamente convencido de las bondades del comunismo, aplaudió la llegada del comunismo a Hungría y, a partir de 1947, fue un alto funcionario del Ministerio de Educación húngaro. En 1948 defendió su tesis doctoral en la Universidad de Debrecen. Solía asistir a los seminarios privados que dictaba el filósofo marxista Györy Luckács

los viernes a la noche. En 1949 estudió filosofía en la Universidad Estatal de Moscú, bajo la dirección de Sofya Yanovskaya. Al regresar a Hungría sus amigos fueron desalojados del partido Comunista y del Gobierno. Lakatos fue juzgado por “revisionista” y sometido a prisión entre 1950 y 1953. Luego de ser liberado, se dedicó a la actividad académica principalmente a la investigación matemática. Fue en esa época que tradujo al húngaro el libro de György Polya “*How to solve it*”. Si bien, nominalmente, seguía siendo comunista, sus opiniones políticas fueron cambiando notablemente y estuvo vinculado, al menos, a uno de los grupos estudiantiles disidentes que apoyaron el levantamiento popular de Hungría de octubre de 1956. Cuando, en noviembre, las tropas rusas invadieron Hungría para sofocar el levantamiento, Lakatos huyó a Viena y, más tarde, viajó a Inglaterra. En 1961 obtuvo su doctorado en Filosofía de la Universidad de Cambridge. Su libro *Proofs and Refutations* publicado después de su muerte está basado en su trabajo doctoral. Debido a sus antecedentes comunistas, nunca se le concedió la ciudadanía británica por lo que permaneció “apátrida” hasta su muerte.

En 1960 fue nombrado profesor en la London School of Economics donde desarrolló su labor dictando Filosofía de la Matemática y Filosofía de la Ciencia. En el Departamento de Filosofía de la LSE trabajaban Karl Popper, Joseph Agassi y John Watkins. Agassi lo recomendó a Popper para que le ayude a aplicar el método popperiano de falsación mediante “conjeturas y refutaciones” a la matemática, lo que sería el tema de su tesis doctoral en Cambridge.

Bajo el título de *Criticism and the Growth of Knowledge* editó, — conjuntamente con Alan Musgrave, — los temas tratados en el Coloquio Internacional sobre Filosofía de la Ciencia, llevado a cabo en Londres en 1965. Esta obra, publicada en 1970 contiene las opiniones de prestigiosos epistemólogos sobre “La estructura de las revoluciones científicas” de Thomas Kuhn.

En 1971, fue nombrado editor de la prestigiosa revista *British Journal for the Philosophy of Science*.

Lakatos permaneció en la LSE hasta su muerte, ocurrida por derrame cerebral en 1974. La LSE instituyó el Premio Lakatos en su memoria.

Lakatos y su colega Spiro Latsis, organizaron una conferencia internacional dedicada exclusivamente al estudio de casos históricos en los que se cumplían los programas de investigación científica lakatosianos. La conferencia tuvo lugar en Grecia en abril de 1974, dos meses después de la muerte de Lakatos. Esos casos incluían estudios tales como el programa de la relatividad de Einstein, la teoría ondulatoria de la luz de Fresnel y programas sobre economía neoclásica. Los trabajos fueron publicados en 1976 por la Cambridge University Press. Se editaron dos volúmenes, uno dedicado a las ciencias físicas y al programa de Lakatos para rescribir la historia de la ciencia, con una crítica final de su gran amigo Paul Feyerabend y el otro dedicado a la economía.

11.2.- Pruebas y refutaciones.

El enfoque de la Filosofía de la matemática que propuso Lakatos estaba inspirado tanto en Hegel como en la dialéctica de Marx, en la teoría del conocimiento de Popper y en el trabajo del matemático húngaro Györy Polya. El libro *Proofs and Refutations* está basado sobre su tesis doctoral. Encarado como un diálogo ficticio en una clase de matemáticas trata sobre los intentos de los estudiantes de probar la fórmula de Euler de la Topología algebraica, que es un teorema sobre las propiedades de los poliedros. El diálogo trata de representar todos los intentos históricos de probar el teorema, que invariablemente eran refutados mediante contraejemplos.

Lo que Lakatos trató de establecer, es que ningún teorema de la Matemática informal es perfecto y que no se debe pensar que un teorema es verdadero sólo porque aún no se haya encontrado un contraejemplo. Una vez que se encuentra un contraejemplo, el teorema se debe ajustar, posiblemente modificando el dominio de su validez. Esta es una manera en que se acumula nuestro conocimiento, a través de la lógica y procesos de pruebas y refutaciones. (Este no sería el caso de los axiomas de una rama de la matemática ya que la prueba de esos axiomas es tautológica, es decir, lógicamente verdaderas)

Lakatos propuso un enfoque del conocimiento matemático basado sobre la idea de una heurística. En “Pruebas y refutaciones”, el concepto de “heurística” no está bien desarrollado, si bien Lakatos dio algunas reglas básicas para encontrar pruebas y contraejemplos a las conjeturas. Él consideraba que los “experimentos mentales” matemáticos eran un medio válido para descubrir conjeturas matemáticas y pruebas y, en ocasiones, llamó a su filosofía “quasi-empirismo”.

Él consideraba que la comunidad matemática ejerce una suerte de dialéctica para decidir qué pruebas matemáticas son válidas y cuáles no lo son. Por ello, estaba en desacuerdo con la concepción “formalista” de la prueba que prima en los trabajos de Frege y en el logicismo de Russell, quienes definían la prueba en términos de validez formal. Publicada en 1976, *Proofs and Refutations* influyó sobre muchos nuevos trabajos sobre filosofía de la Matemática, aunque pocos autores estuvieron de acuerdo con el fuerte rechazo de Lakatos a la prueba formal.

11.3.- Los programas de investigación científica.

La contribución de Lakatos a la Filosofía de la Ciencia ha sido un intento para resolver el conflicto entre el falsacionismo de Popper y la estructura revolucionaria de la ciencia que sostenía Kuhn. A menudo se afirma, erróneamente, que la teoría de Popper implica que el científico debe descartar una teoría ni bien encuentra una evidencia falsacionista y que debe reemplazarla con nuevas hipótesis más refinadas y

poderosas. En cambio, Kuhn describió a la ciencia como consistiendo en períodos de “ciencia normal”, en los que los científicos mantienen sus teorías a pesar de las “anomalías”, intercalados con períodos de cambios conceptuales profundos. Popper reconoció que ciertas teorías nuevas y excelentes pueden ser inconsistentes con teorías antiguas aparentemente bien fundamentadas empíricamente. Por ejemplo, en “*Conocimiento objetivo*” señala que las teorías de Newton son inconsistentes con la tercera ley de Kepler. Sin embargo, mientras Kuhn insinúa que aún los buenos científicos suelen ignorar o descartar las evidencias contra sus teorías, Popper consideraba a la contrastación negativa como algo que debe ser tomada muy en cuenta, ya sea para explicarla o, eventualmente, para modificar la teoría. Además, Popper no describía el comportamiento de los científicos, sino lo que un científico debería hacer. En cambio, Kuhn se ocupó más en describir el comportamiento real del científico.

Lakatos buscó una metodología que pudiera armonizar esos puntos de vista, aparentemente contradictorios. Una metodología que pudiera proveer una descripción racional del progreso científico consistente con los registros históricos.

Según Lakatos, lo que nosotros consideramos como una “teoría” puede, realmente, ser una sucesión de teorías ligeramente diferentes o técnicas experimentales desarrolladas a lo largo del tiempo que comparten alguna idea común, idea común a la que él llamó su “núcleo duro”. A esos conjuntos cambiantes, los bautizó “programas de investigación”. El científico involucrado en un programa de investigación intentará blindar el núcleo teórico de los intentos de falsación detrás de un cinturón protector de *hipótesis auxiliares*. Mientras que Popper consideraba a esas hipótesis de manera despreciativa como hipótesis *ad hoc*, Lakatos intentó mostrar que ajustar y desarrollar un cinturón protector no era necesariamente algo perjudicial para el programa de investigación. En vez de preguntar si una hipótesis es verdadera o falsa, Lakatos sostenía que se debía analizar si un programa de investigación es mejor que otro y cuál es la base racional para preferirlo. Él demostró que, en algunos casos, un programa de investigación puede considerarse como progresivo mientras que sus rivales se muestran degenerativos. Un programa de investigación progresivo se evidencia por su crecimiento y por el descubrimiento de hechos novedosos y contundentes, por el desarrollo de nuevas técnicas experimentales, más eficientes, por predicciones más precisas, etc. Un programa de investigación degenerativo se caracteriza por su falta de crecimiento, o por un crecimiento del cinturón protector que no conduce a nuevos descubrimientos.

Lakatos afirmaba que él, realmente, exponía las ideas de Popper que se habían desarrollado a lo largo del tiempo. Él contrastaba al “Popper 0” el falsacionista rudimentario que existía solamente en la mente de los críticos y partidarios que no habían entendido los escritos de Popper, a “Popper 1”, el autor de lo que realmente Popper escribía y a “Popper 2” que se suponía que era Popper tal como era reinterpretado por su discípulo Lakatos, si bien muchos comentaristas creían que

“Popper 2” era Lakatos. (Muchos Popperianos afirmaron que ciertas tesis que Lakatos adjudicó a Popper no pertenecían a este sino a un filósofo imaginario llamado Poppatos).

La idea de que, a menudo, no es posible demostrar categóricamente cual de dos teorías o programas de investigación es mejor en un determinado momento, mientras que los desarrollos sucesivos pueden mostrar que uno es progresivo mientras que el otro es regresivo (y consiguientemente menos aceptable) fue la mayor contribución de Lakatos tanto a la Filosofía de la Ciencia como a la historia de la ciencia.

Lakatos siguió la idea de Pierre Duhem, de que uno puede siempre proteger a una creencia preciada de la evidencia hostil redirigiendo la crítica hacia otras cosas en las que se cree. La dificultad que en este aspecto presenta el falsacionismo había sido reconocida por Popper mismo. La teoría falsacionista sostiene que los científicos exponen teorías y que, mediante una observación inconsistente, la Naturaleza grita ¡No! De acuerdo con Popper, es irracional que los científicos mantengan sus teorías ante el rechazo de la Naturaleza, tal como Kuhn describió que lo hacían. Pero para Lakatos *“No es que nosotros proponemos una teoría y la Naturaleza puede gritar ¡No! Más bien, nosotros proponemos una maraña de teorías y la Naturaleza puede gritar ¡Inconsistente!”* Esta inconsistencia puede ser resuelta sin abandonar el Programa de Investigación manteniendo únicamente el núcleo duro y alterando las hipótesis auxiliares. Un ejemplo de esto está dado por las tres leyes del movimiento, de Newton. Dentro del sistema newtoniano (programa de investigación) ellas no están expuestas a falsación, constituyendo el núcleo duro del programa. Este programa de investigación provee un marco conceptual, dentro del cual se hace investigación con referencia constante a las tres leyes que se asumen como principios. Esos principios son compartidos por todos los involucrados en el programa de investigación y no se discuten. Es ese aspecto, esto es similar a la noción de paradigma de Kuhn.

Lakatos también afirmó que un programa de investigación contiene “reglas metodológicas”, algunas que instruyen sobre los aspectos de investigación que hay que evitar — a los que llamó “heurística negativa” — y algunas que instruyen sobre los aspectos a seguir — a los que llamó “heurística positiva”. Mediante la heurística positiva se amplía el cinturón protector reforzando el núcleo duro. En cambio, en la heurística negativa se agregan hipótesis auxiliares sólo para proteger al núcleo duro de la posibilidad de refutación.

Lakatos afirmó también que no todos los cambios en las hipótesis auxiliares de un programa de investigación son igualmente aceptables. Esos cambios deben evaluarse tanto por su capacidad para explicar refutaciones aparentes como para producir resultados novedosos. Si pueden lograr ambas cosas, los cambios serán “progresivos”. En cambio, si no conducen a nuevos hechos, son sólo hipótesis “ad hoc” a las que llamó “regresivas”.

Los programas progresivos permiten a los científicos defenderlos de las refutaciones y resolver las anomalías. Los programas regresivos terminan siendo reemplazados por programas mejores o más progresivos. Esto es lo que Lakatos consideraba que ocurría en las “revoluciones” kuhnianas. Pero ese cambio de programa es un resultado racional más que un “salto de una fe a otra” como Kuhn supuso que ocurre.

Feyerabend, sostuvo que, en rigor, la metodología de Lakatos no era una metodología sino “palabras que *suenan* como los elementos de una metodología” Sostuvo que, en la práctica, la metodología de Lakatos no era diferente de su propia posición de “anarquismo epistemológico”. Lakatos y Feyerabend habían planeado producir un trabajo conjunto en el cual Lakatos desarrollaría una descripción racionalista de la ciencia y Feyerabend la atacaría. Pero, según expresó Feyerabend, la muerte de Lakatos, el 02 de febrero de 1974, lo sumió en una profunda depresión.

11.4.- Bibliografía.

Klimovsky, G.; (2005) *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lakatos, I., (1983): *Escritos filosóficos, 1:La metodología de los Programas de investigación científica.* Alianza Editorial. Madrid.

Lakatos, I., (2007): *Escritos filosoficos, 2: Matematicas, Ciencia y Epistemología.* Alianza Editorial. Madrid.

Lakatos, I., (2011): *Historia de la Ciencia y sus reconstrucciones racionales*, 4ª. Ed. Tecnos, Madrid.

Lorenzano, C. J. (1994) 2. *La estructura del conocimiento científico.* 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

Lorenzano, P.; (2004) *Filosofía de la Ciencia.* Universidad Nacional de Quilmes. Bernal.

Nagel, E.; (1968), *La estructura de la ciencia.* Ed. Paidós. Buenos Aires.

O'Connor, J. J.; Robertson, E. F.; (2003) *"Imre Lakatos"*, MacTutor History of Mathematics archive, University of St Andrews.

XII.- PAUL FEYERABEND.

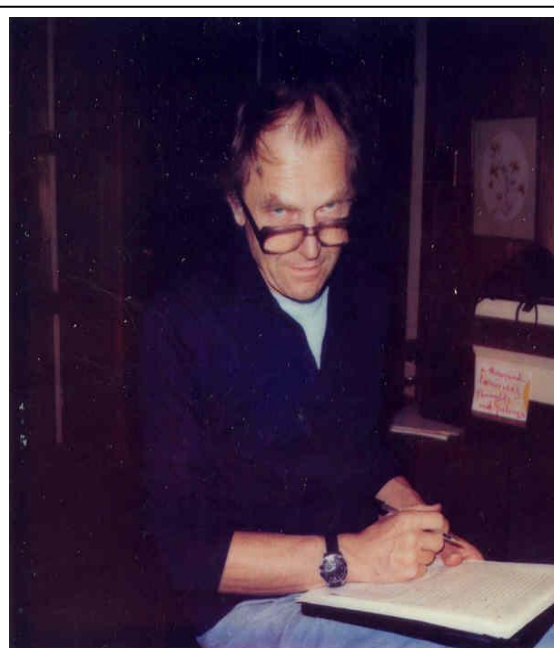


Fig. 12.1. P. K. Feyerabend

12.1.- Biografía.

Paul Karl Feyerabend nació en Viena en 1924, en el seno de una familia de clase media. Hizo sus estudios secundarios en un *Realgymnasium* donde aprendió latín, inglés y ciencias naturales. Allí fue considerado un *Vorzugsschüler*, (alumno cuya capacidad excede la media) y a los 16 tenía la reputación de saber más Física y Matemática que sus profesores. En su adolescencia se interesó en temas filosóficos y en la Astronomía, llegando a construir un telescopio con el que hacía observaciones astronómicas para el Instituto suizo de investigación solar. Al mismo tiempo se interesó por la lírica, integrando coros y tomando lecciones de canto que proseguiría hasta su edad madura.

Durante la anexión de Austria a Alemania, Feyerabend quedó impresionado por la oratoria de Hitler. En 1942, al final de sus estudios secundarios, fue integrado a los *Arbeitsdienst* (el servicio de trabajo introducido por los nazis) y enviado para entrenamiento a Primasens (Alemania) donde, según cuenta en su autobiografía, estuvo

tentado de ingresar a las SS. Durante su estancia en Alemania pidió ser enviado al frente de batalla integrando una unidad estacionada cerca de Brest. En noviembre de 1942, retornó a Viena, pero antes de Navidad viajó a Alemania para integrarse a los Cuerpos de Pioneros de la *Wehrmacht*. Hizo su entrenamiento militar en Krems, cerca de Viena y se ofreció como voluntario para la carrera de oficial, haciendo el curso en Yugoslavia. En marzo de 1944, recibió la Cruz de Hierro de segunda clase por haber conducido a su tropa bajo fuego enemigo y ocupar una localidad siendo ascendido a teniente a fines de 1944. En enero de 1945 fue enviado al frente oriental. Allí recibió una herida de bala que rozó su espina dorsal lo que lo dejó temporalmente parálítico desde la cintura hacia abajo. Fue internado en un hospital en Apolda, cerca de Weimar, donde pasó un tiempo en silla de ruedas. Poco a poco fue recuperándose y comenzó a caminar con muletas para luego usar bastón, pero su lesión lo dejó impotente de por vida, — no obstante lo cual, se casó cuatro veces.

Al finalizar la guerra, trabajó en el Departamento de educación de Apolda y en 1946, al recuperarse parcialmente de su parálisis se mudó a Weimar donde estudió canto y dirección escénica en la *Musikhochschule*, teatro en el *Institut zur Methodologischen Erneuerung des Deutschen Theaters* e italiano, armonía, piano, canto y vocalización en la Academia de Weimar. En 1947 regresó a Viena, donde estudió Historia y Sociología en el *Institut für Österreichische Geschichtsforschung* de la Universidad de Viena. Los estudios de Historia lo desencantaron por lo que se dedicó a estudiar Física teórica y algunos temas de Filosofía de la Ciencia. En esa época adoptó una posición positivista radical, según la cual el empirismo es la base del conocimiento científico y que las concepciones no empíricas o son lógicas o carecen de sentido. Pero en agosto de 1948, asistió a un seminario de la Sociedad Científica Austríaca en Alpbach, donde conoció a Karl Popper cuyas ideas ejercerían un cambio sobre su concepción positivista. Feyerabend comenzó a asistir regularmente a los simposios en Alpbach primero como estudiante y luego como expositor llegando a ser el Secretario Científico de esa sociedad. En 1948, se casó por “razones prácticas”¹ con Edeltrud una estudiante de etnografía de origen esloveno. En Alpbach trabó amistad con Walter Hollitscher un intelectual marxista quien lo persuadió de la importancia del realismo en el análisis del mundo exterior y que la investigación científica está guiada por el realismo y que el realismo es lo que genera el progreso científico mientras que el positivismo es un simple comentario sobre los resultados científicos, estéril en sí mismo. A comienzos de 1957, Feyerabend desarrollaría estas ideas en una interesante serie de trabajos argumentando que, para progresar, la ciencia necesita del realismo y que el positivismo atrofiaría ese progreso (argumento enteramente de acuerdo con la opinión de Popper).

Entre 1949 y 1952, Feyerabend integró el llamado “Círculo de Kraft” un grupo de personas afectas a la Filosofía de la Ciencia liderado por Víctor Kraft, quien había sido

¹ Ya que, en la década de 1940, sólo las parejas casadas podían viajar juntos o alquilar una habitación.

miembro del Círculo de Viena. Ese grupo discutía problemas filosóficos “de manera no metafísica y con especial referencia a los descubrimientos de la Ciencia” y las principales discusiones versaban sobre cuestiones de la realidad de las entidades teóricas y el “mundo externo”. En ese Círculo, Feyerabend tuvo algunos desacuerdos filosóficos con Wittgenstein.

Feyerabend había comenzado a preparar su tesis doctoral sobre un tema de Electrodinámica, pero al fracasar en la resolución de uno de los problemas sobre los que se centraba la tesis, decidió cambiar el tema de la tesis. En 1951, bajo la dirección de Víctor Kraft, presentó su tesis doctoral titulada “*Zur Theorie der Basissätze*”. El tema central era una discusión sobre los “enunciados básicos”, aquel tipo de enunciados que el positivismo lógico había considerado que constituyen el fundamento del conocimiento científico. Según cuenta Feyerabend en su autobiografía, la tesis era una versión condensada sobre las discusiones en el Círculo de Kraft.

En 1950, Feyerabend publicó algunos trabajos en alemán sobre las ideas que Wittgenstein había expresado en su libro *Philosophical Investigations*. Queriendo profundizar el análisis de esas ideas, le pidió a Wittgenstein ser su discípulo en Cambridge. Wittgenstein lo aceptó, pero falleció en 1951 poco antes de que Feyerabend llegara a Inglaterra, por lo que el proyecto se frustró. En cambio, Karl Popper aceptó ser su supervisor. En la London Economic School, Feyerabend se convenció de las críticas popperianas al inductivismo y adhirió a la concepción de que la opción real es el falsacionismo, aplicándolo en sus clases y sus trabajos.

En 1952, en un Seminario de la London Economic School, Feyerabend presentó sus ideas acerca del cambio científico. En ese trabajo parece estar el germen del concepto de *inconmensurabilidad*, aunque ese término recién apareció en las publicaciones de la década siguiente. En su autobiografía² comentó:

En una ocasión, que recuerdo vívidamente, [Elizabeth] Anscombe, me hizo notar, mediante unas preguntas ingeniosas, la manera en que nuestra concepción (y aún nuestras percepciones) sobre hechos bien definidos y aparentemente autoevidentes pueden depender de circunstancias que no se advierten. Hay entidades, tales como los objetos físicos, que obedecen a un cierto “principio de conservación” en el sentido que retienen su identidad a través de una variedad de manifestaciones y aun cuando no están para nada presentes, mientras que otras entidades como el sufrimiento y las imágenes posteriores son “aniquiladas” con su desaparición. Los principios de conservación pueden cambiar de una etapa del desarrollo del organismo humano a otra y pueden ser diferentes para lenguajes diferentes (cf. las “clasificaciones encubiertas” de Worf). He conjeturado que tales principios cumplirían un importante rol en la ciencia, que ellos pueden cambiar

² Feyerabend, P. K., *Science in a Free Society*; London: New Left Books, 1978 p. 115.

durante las revoluciones y que las relaciones deductivas entre teorías pre-revolucionarias y post-revolucionarias pueden terminar rompiéndose.

En el verano de 1953, Feyerabend renunció al cargo de asistente de Popper y regresó a Viena. Allí tradujo al alemán el libro de Popper *“La sociedad abierta y sus enemigos”*, escribió artículos sobre Metodología y Filosofía de la naturaleza para una enciclopedia francesa y un informe sobre el desarrollo de las humanidades en la Austria de posguerra para la biblioteca del Congreso de los Estados Unidos. Trabajó en varias universidades y como asistente de Arthur Pap quien había llegado a Viena para dar un curso sobre filosofía analítica. Pap lo contactó con Herbert Feigl, quien había sido un miembro del Círculo de Viena que nunca renunció a una visión “realista” de que hay un mundo externo conocible. Feigl convenció a Feyerabend de que el positivismo de Kraft y Pap no resolvía los problemas tradicionales de la filosofía de la ciencia.

En 1954, Feyerabend publicó el primero de sus artículos sobre filosofía de la Mecánica Cuántica. Estos artículos fueron los primeros frutos de su aprendizaje con Popper en la LES. En esas publicaciones sostuvo que el predominio adquirido por la “Interpretación de Copenhague” de la teoría cuántica era inmerecido, demostrando que esa interpretación no era una panacea que pudiese resolver los problemas de la microfísica y que sus defensores no podían justificar sus afirmaciones de su incuestionabilidad. En esos artículos defendió a los teóricos de las “variables ocultas”, como Louis de Broglie, David Bohm y Jean-Pierre Vigiér, que postulaban la existencia de una subestructura determinista inobservable la que, a nivel mecánico cuántico, apuntala las cabriolas aparentemente no deterministas de los objetos.

En 1955, con las recomendaciones de Karl Popper y Edwin Schrödinger, fue nombrado profesor de Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Bristol, donde tuvo el apoyo de Joseph Agassi para la preparación de los cursos. En el verano de ese año viajó a Alpbach, donde se encontró con el filósofo de la ciencia Philipp Frank, otro de los miembros del Círculo de Viena, quien ejerció sobre Feyerabend una notable influencia.

En la Universidad de Bristol fue colega de David Bohm quien se había exiliado a raíz del maccarthismo imperante en los Estados Unidos. Bohm había sido un discípulo mimado de Niels Bohr y en su primer libro *“Quantum Theory”* había escrito una entusiasta defensa de la Interpretación de Copenhague, pero a partir de 1953, rechazó su concepción anterior y se convirtió en un líder en la defensa de la teoría (impopular) de las “variables ocultas”. Mediante su idea casi hegeliana de la estructura de la realidad, Bohm ejercería una notable influencia sobre las ideas de Feyerabend que terminarían por alejarlo de las concepciones de Popper. En sus trabajos posteriores, ambos se movieron en direcciones intelectuales paralelas y en 1960 Feyerabend escribiría un estudio crítico sobre el libro de Bohm *“Causality and Chance in Modern Physics”*.

En 1956, Feyerabend se volvió a casar, esta vez, con una ex-alumna: Mary O'Neill, pero el matrimonio duró solo algo más de un año.

En el Colston Research Symposium de 1957, presentó un trabajo sobre la “*Teoría cuántica de las mediciones*” donde expuso que no hay una relación “observación – lenguaje” que sea neutral o que sea separable o que haya un “lenguaje cotidiano” con el cual se pueda contrastar las afirmaciones de la ciencia, sino que el lenguaje de todos los días es *parte del lenguaje teórico* y no algo independiente de toda teoría. La carga teórica inmanente a la observación y subyacente en el lenguaje constituyen una contribución importante de Feyerabend al entendimiento de la relación entre teoría y experiencia. Marcó una ruptura decisiva con su concepción positivista de las teorías, pero además fue más allá de las concepciones de Popper.

En el verano de 1957, Feyerabend aceptó una invitación de Michael Scriven para visitar el Minnesota Center for the Philosophy of Science, en Minneapolis. Según Feyerabend, este Centro fue la institución más importante en ese campo. Allí se encontró con Feigl, Carl Hempel, Ernst Nagel, Hilary Putnam, Adolf Grünbaum, Grover Maxwell, y otros destacados filósofos de la ciencia. A partir de 1958, comenzó a dictar una serie de cursos que se reiteraron durante varios años. En esa época se publicaron sus primeros trabajos caracterizados por una vigorosa crítica a los empiristas lógicos como Carnap, Feigl, Nagel y Hempel. Esta crítica estaba centrada en el estudio de las relaciones entre observación y teoría. En una de las publicaciones más importantes, “*An Attempt at a Realistic Interpretation of Experience*” (1958), Feyerabend propuso una visión realista de la relación entre teoría y experiencia, fundamentalmente sobre la base de las opiniones de Popper acerca del falsacionismo. En este trabajo rechazó las teorías positivistas del significado según las cuales aún los mayores cambios en una teoría no afectarían los significados de los términos usados en la observación y el lenguaje científico. Contra esta posición, sostuvo su “*Tesis I*” según la cual *la interpretación de una relación observación- lenguaje está determinada por las teorías que usamos para explicar lo que observamos, y esta cambia tan pronto como esas teorías cambian*. La *Tesis I*, invierte la dirección de la interpretación que habían presupuesto los positivistas. En vez de considerar que el significado asciende desde el nivel de la experiencia mediante el lenguaje observacional, consideró que la interpretación desciende de la teoría hacia la experiencia. Para él, la teoría es significativa independientemente de la experiencia. Las bases de esta opinión se encuentran en su contextual teoría del significado, según la cual el significado que se le confiere a los términos resulta de su participación en contextos teóricos. Aparentemente, para Feyerabend no había una distinción semántica entre términos teóricos y términos observacionales ya que en su “*Pragmatic Theory of Observation*”, consideró que lo importante de los enunciados observacionales no es que tengan un núcleo especial de significado empírico sino su rol causal en la producción y refutación de las teorías.

En 1960, trabajó en la Universidad de California donde conoció a Thomas Kuhn y leyó sus manuscritos de *“La estructura de las revoluciones científicas”*. Si bien no adhirió inmediatamente la posición historicista de Kuhn, comenzó a aplicar ejemplos históricos en el desarrollo de sus trabajos, aunque sin abandonar su postura falsacionista, pero en lo atinente a la interpretación de las teorías científicas, consideraba que la disputa entre realistas e instrumentalistas se debía a una cuestión de elección. Podemos elegir ver a las teorías como descripciones de la realidad (*realismo científico*) o como instrumentos de predicción (*instrumentalismo*) dependiendo de cuáles son los ideales que aspiramos para el conocimiento científico. Pero, a diferencia de los positivistas, — que sostenían que la interpretación de los términos observacionales no depende del estatus de nuestro conocimiento teórico — afirmó que “todo lenguaje observacional positivista está basado sobre una ontología metafísica” y que las teorías que aceptamos influyen sobre el lenguaje y, en muchos casos, sobre nuestras percepciones. El significado de los términos no está determinado por su uso, ni por su conexión con la experiencia sino con el rol que cumplen en un contexto más amplio de una explicación o de una teoría. *Todas* nuestras afirmaciones, creencias y experiencias son “hipotéticas”. Las observaciones y los experimentos siempre requieren interpretación y las distintas teorías suministran interpretaciones diferentes. Si los significados expresan principios teóricos, entonces se debe intentar que encontrar y contrastar esos principios teóricos implícitos, lo que puede resultar en un cambio de los significados. Por ello, Feyerabend pregónó el valor de la inestabilidad semántica, sosteniendo que la estabilidad semántica presupuesta por los positivistas, explicativa de la reducción, explicación y confirmación, fue y será violada si se quiere un progreso en la ciencia. Si el significado está determinado por la teoría, ciertos términos en teorías muy diferentes no podrían compartir el mismo significado: ellos serían “inconmensurables”. Todo intento de derivar los principios de una teoría antigua a partir de una teoría nueva o fracasaría o se debería efectuar un cambio en los significados de los términos de la teoría vieja. La “reducción teórica” tan apreciada por el Empirismo Lógico sería, más bien, el reemplazo de una teoría y su ontología por otra. Feyerabend introdujo el concepto de “*inconmensurabilidad*” en su trabajo de 1962 *“Explanation, Reduction and Empiricism”*, sosteniendo que la inconmensurabilidad descarta cualquier descripción formal de explicación, reducción o confirmación. En su versión de la tesis de inconmensurabilidad, los principios semánticos que apuntalan a una teoría pueden ser “violados” o “suspendidos” por otra teoría. Como resultado, no siempre se pueden comparar las teorías sobre el mismo campo del conocimiento, como desearían los racionalistas. En este aspecto, Feyerabend se mostró más cerca del relativismo (posición que considera que no hay una manera objetiva de elegir entre teorías o tradiciones),

En los principales trabajos de este período, *“How to be a Good Empiricist”* (1963), *“Realism and Instrumentalism”* (1964), *“Problems of Empiricism”* y *“Reply to Criticism”* (1965), sus argumentos más importantes a favor del realismo científico fueron de naturaleza metodológica: el realismo es deseable porque demanda la proliferación de nuevas e incompatibles teorías. Esto lleva al progreso científico ya que esa proliferación

logra que las teorías tengan mayor contenido empírico que si hubiera una sola. La contrastabilidad de una teoría es proporcional al número de potenciales refutadores que pueda tener y la producción de teorías alternativas es la única manera confiable de asegurar la existencia de potenciales refutadores. De este modo, el progreso científico se alcanza mediante el “*pluralismo teórico*”, permitiendo una pluralidad de teorías incompatibles entre sí, cada una de las cuales contribuirá al progreso compitiendo en el mantenimiento y la mejora de la contrastabilidad, y por ende al contenido empírico de las otras. En estas confrontaciones entre teorías, Feyerabend muestra cierta semejanza con la “*etapa de preciencia*” o el período de “*revolución científica*” a los que aludió Kuhn en “*La estructura...*”

En 1965, Feyerabend participó en un seminario en Hamburgo donde discutió sobre los fundamentos de la teoría cuántica con Carl F. von Weizsäcker, el intercambio de ideas produjo en él un gran impacto que más tarde lo llevaría hacia el anarquismo epistemológico. Al respecto escribió:

Von Weizsäcker mostró como la Mecánica Cuántica surgió de investigación concreta mientras que yo me quejé, sobre bases metodológicas generales, que se habían omitido importantes alternativas. Los argumentos que sostenían mi queja eran bastante buenos... pero, de pronto, se me hizo muy claro que las condiciones impuestas sin considerar las circunstancias, eran un estorbo más que una ayuda: una persona que trata de resolver un problema ya sea en ciencia o en otro campo debe tener completa libertad y no puede estar coaccionado por ninguna exigencia o norma por más plausible le parezcan al lógico o al filósofo que las haya elaborado en la privacidad de su estudio. Las normas y las exigencias deben ser probadas por la investigación, no apelando a teorías de la racionalidad. En un extenso artículo expliqué cómo Bohr había usado la filosofía y cómo ese uso difiere del uso de procedimientos más abstractos. De este modo el Profesor von Weizsäcker tuvo la responsabilidad primaria de mi cambio hacia el “anarquismo” — si bien a él no le gustó mucho cuando, en 1977, se lo dije...³.

En la década de 1960 estaba fermentando la cultura occidental y Feyerabend tenía plena conciencia de ello. En 1965, en Berkeley participó del *Free Speech Movement* y de la “*revolución estudiantil*” que allí se produjo como eco de las revueltas estudiantiles de Londres y Berlín y que en 1968 repercutirían en París, Esos sucesos lo llevaron a interesarse en la filosofía de la política, más precisamente sobre cuestiones políticas sobre la ciencia. Al respecto escribió:

³ Feyerabend, P.; *Science in a Free Society*; London: New Left Books, 1978 p. 117.

*Mi función era la de poner en práctica las políticas educacionales del Estado de California, lo que significaba que tenía que enseñarle a la gente lo que un pequeño grupo de intelectuales blancos habían decidido lo que es conocimiento.*⁴

A modo de protesta, participó en marchas callejeras, dio clases en la calle, aprobó a alumnos que ni siquiera habían completado su curso por lo que estuvo a punto de ser expulsado de Berkeley.

Durante el verano de 1966, dictó en Berkeley un curso sobre el dogma de la Iglesia debido a que consideraba que el desarrollo del dogma de la Iglesia comparte muchas características con el desarrollo del pensamiento científico. Esas ideas fueron volcadas en el trabajo *“Classical Empiricism”*, publicado en 1970, en el que sostuvo que el empiricismo comparte ciertos rasgos problemáticos comunes con el protestantismo. Ya en 1969, al publicar *“Science Without Experience”* había afirmado que, en principio, la experiencia no es del todo necesaria para la construcción, comprensión o contrastación de teorías científicas empíricas, lo que demostraba su desinterés en que se lo vincule con algún tipo de empirismo.

A pesar del descuido en sus actividades académicas y los conflictos con las autoridades de la Universidad de California, Feyerabend seguía ostentando una excelente reputación como filósofo de la ciencia y recibió ofrecimientos de distintas universidades, aceptando dar cursos en Londres, Berlín y Yale y fue aceptado como *fellow* en el All Souls College de Oxford. En 1968, renunció a la Universidad de California, aunque comenzó a extrañar los cursos que allí dictaba y regresó a los pocos meses. En Londres dictó cursos en el University College y en la London School of Economics, donde conoció a Imre Lakatos con quien entabló una gran amistad y mantuvo una correspondencia asidua y voluminosa hasta la muerte de Lakatos. Feyerabend cuenta en sus memorias que la oficina de Lakatos estaba a pasos de la sala donde él exponía y que intervenía en sus clases cuando escuchaba algo con lo que estaba en desacuerdo.

Luego de alternar sus cursos en Berkeley con los de Londres, Berlín y Yale, aceptó un cargo en la Universidad de Auckland, donde dictó cursos en 1972 y 1974. Ya en 1970 había abandonado su postura falsacionista y expuso sus propias ideas acerca del método científico en un artículo titulado *“Against Method”*, en el cual atacaba algunas versiones prominentes acerca de la metodología científica. En su correspondencia con Lakatos, habían convenido la redacción de un volumen debate que se llamaría *For and Against Method*, en el cual Lakatos presentaría el caso *“racionalista”* de que hay un conjunto identificable de reglas del método científico que hace buena a una ciencia y Feyerabend lo atacaría. La muerte súbita de Lakatos, en febrero de 1974, deprimió profundamente a Feyerabend y la parte racionalista del trabajo conjunto nunca se completó.

⁴ Feyerabend, P.; *Science in a Free Society*; London: New Left Books, 1978. P. 118.

En 1974 y 1975 dictó cursos de filosofía de la ciencia en la Universidad de Sussex, en Brighton, pero renunció porque doce horas semanales de clase le parecían mucho. Sus clases tenían el objetivo de demoler virtualmente todos los límites académicos tradicionales. No dejó persona ni idea sacralizada. Con energía y entusiasmo notables discutía todo, desde Aristóteles hasta las etnias Azande del África. Sus preguntas eran ¿Cuál es la diferencia entre ciencia y brujería? ¿La ciencia es la única que provee una manera racional de organizar cognitivamente nuestra experiencia? ¿Qué deberíamos hacer si la búsqueda de la verdad debilita nuestro intelecto o atrofia nuestra individualidad? De repente, la epistemología se volvió una excitante área de investigación.

Su salud estaba empeorando por lo que le recomendaron un curandero. El tratamiento resultó exitoso y desde entonces Feyerabend usaba su propio caso como un ejemplo tanto sobre las fallas de la medicina ortodoxa como las posibilidades inexploradas de las medicinas alternativas.

En vez del volumen que iba a escribir con Lakatos, publicó *Against Method* (London, New Left Books, 1975) que se suele concebir como una carta a Lakatos (a quien el libro está dedicado). En su autobiografía, Feyerabend cuenta:

*AM no es un libro, es un collage. Contiene descripciones, análisis, argumentos que yo había publicado, con casi las mismas palabras, diez, quince y aún veinte años antes... Los ordené de manera apropiada, les agregué transiciones, reemplacé pasajes moderados con otros más escandalosos y al resultado lo llamé “anarquismo”. Me encanta impactar a la gente ...*⁵

El libro contenía muchos de los temas que hemos mencionado anteriormente, salpicado en un estudio de casos de la transición de astronomía geocéntrica a la heliocéntrica. Pero, mientras que él había abogado a favor de una metodología (si bien una metodología “pluralista”) se tornó insatisfecho con *cualquier* metodología. En el libro enfatizó que las teorías antiguas, como la teoría aristotélica del movimiento, tienen un poderoso soporte empírico y argumentativo y correlativamente hace hincapié que los “héroes” de la revolución científica, como Galileo, no fueron tan escrupulosos como se los suele representar. Describió a Galileo como haciendo pleno uso de la retórica, la propaganda y varios trucos epistemológicos para sustentar la opinión heliocéntrica. El caso Galileo fue crucial para Feyerabend ya que la “revolución científica” fue su paradigma de progreso científico y de cambio conceptual radical y Galileo era su héroe de la revolución científica. Buscó también de menoscabar la importancia de los argumentos basados en la experimentación sugiriendo que los criterios estéticos, los caprichos personales y los

⁵ Feyerabend, P. K., (1995): *Killing time*. University of Chicago Press. Chicago. Pp. 139 – 142.

factores sociales tuvieron un rol mucho más decisivo en la historia de la ciencia que lo que la historiografía racionalista o empiricista podrían indicar.

Con *Against Method*, Feyerabend se dio a conocer como anarquista epistemológico, al sostener que no existen reglas metodológicas que puedan usarse sin excepción para producir el progreso de la ciencia o el crecimiento del conocimiento. Par él, la historia de la ciencia es tan compleja que, si se insiste en una metodología general que no inhiba su progreso, la única “regla” que contendría sería la inservible sugestión: “*todo vale*”. En particular, las metodologías del Empirismo Lógico y el Racionalismo Crítico de Popper inhibirían el progreso científico al hacer respetar condiciones restrictivas a las nuevas teorías. Feyerabend sostuvo que la aún más sofisticada “*Metodología de los programas de investigación*” desarrollada por Lakatos, o contiene juicios de valor no fundamentados acerca de lo que constituye una “*buena ciencia*” o es razonable debido a que es “*anarquismo epistemológico disfrazado*”. El fenómeno de la inconmensurabilidad torna inaplicables a los estándares que usan los “*racionalistas*” para comparar teorías. De esta manera, el libro marcó a su autor como “*irracionalista*”. Pero la anarquía epistemológica de Feyerabend no implicaba una concepción política anarquista, muy por el contrario, su filosofía política fue una mezcla de liberalismo y social democracia.

La reacción crítica al libro parece haberlo tomado por sorpresa. Fue acusado de ser agresivo y repugnante, de modo que replicó a sus acusadores en el mismo estilo. Sintió que era necesario responder a las críticas más importantes y ensambló las respuestas en una sección de su libro siguiente, *Science in a Free Society* que tituló “*Conversaciones con analfabetos*”. En ella reprendió a los que hicieron revisiones del libro por malinterpretar *Against Method* y por ser incapaces de distinguir entre ironía, picardía, argumentación por *reductio ad absurdum* y las cosas que él se había propuesto al escribir el libro. No obstante, las críticas lo sumieron en la depresión. Consideró que con el libro había socavado los argumentos que sostienen a la ciencia en una posición privilegiada de la cultura. Si no hay método científico, no puede justificarse que la ciencia es la mejor manera de adquirir conocimiento y los resultados de la ciencia no prueban su excelencia, ya que esos resultados dependen, a menudo, de la presencia de factores no científicos. La ciencia prevalece sólo porque “*el show está montado para ello*” y a otras tradiciones no se les ha dado la oportunidad de demostrar sus valores, aún a despecho de sus logros. En *AM* sugiere que la ciencia está más cerca del mito que de una filosofía. Es una de las formas de pensamiento que ha desarrollado el hombre y no necesariamente la mejor.

En la década de 1980, Feyerabend alternó su actividad académica entre Berkeley y Zurich donde enseñaba la filosofía de Platón y la Física de Aristóteles en la *Eidgenössische Technische Hochschule*. Los trabajos más importantes de este período fueron compilados en *Farewell to Reason* (London, Verso, 1987). En este libro postula que el relativismo es la solución a los problemas de creencias conflictivas y de formas de vida conflictivas.

En la década de 1990, Feyerabend publicó una gran cantidad de trabajos, muchos de ellos breves y con contenidos que se superponen.

Poco antes de su muerte, comenzó a escribir su autobiografía que bajo el título *Killing Time: The Autobiography of Paul Feyerabend*, publicaría la University of Chicago Press en 1995.

Si bien fue considerado un “*filósofo de la anti-ciencia*”, “*el peor enemigo de la ciencia*”, etc., Feyerabend no negaba la *importancia* de la ciencia en el desarrollo del conocimiento humano. Su realismo lo llevó a establecer una confrontación entre la ciencia y otras creencias, como la astrología o las medicinas alternativas, que tienen los mismos objetivos: dar conocimiento al mundo. Pero también mostró aspectos relativistas, no sólo en su tesis de la inconmensurabilidad, sino que también se mostró relativista en epistemología y en concepciones políticas.

Falleció en Zurich, el 11 de febrero de 1994.

Los escritos más importantes de Feyerabend son:

“Problems of Empiricism”, *Beyond the Edge of Certainty: Essays in Contemporary Science and Philosophy*, ed. R. G. Colodny (New Jersey: Prentice-Hall, 1965), pp. 145-260.

Against Method (London: Verso, 1975).

Science in a Free Society (London: New Left Books, 1978).

Realism, Rationalism, and Scientific Method: Philosophical Papers, Volume 1 (Cambridge: Cambridge University Press, 1981).

Problems of Empiricism: Philosophical Papers, Volume 2 (Cambridge: Cambridge University Press, 1981).

Farewell to Reason (London: Verso/New Left Books, 1987).

Against Method (London: 1975); Revised edition (London: Verso, 1988).

Three Dialogues on Knowledge (Oxford: Basil Blackwell, 1991).

Killing Time: The Autobiography of Paul Feyerabend, (Chicago: University of Chicago Press, 1995).

Conquest of Abundance: A Tale of Abstraction Versus the Richness of Being, ed. B. Terpstra (Chicago: University of Chicago Press, 1999).

Knowledge, Science and Relativism: Philosophical Papers, Volume 3, ed. J. Preston, (Cambridge: Cambridge University Press, 1999).

12.2.- Bibliografía.

Feyerabend, P. K.; (1989): *Limites de la Ciencia. Explicación, reducción, empirismo*, Paidós, Barcelona.

Feyerabend, P. K. (2007): *Tratado contra el Método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*, Tecnos, Madrid.

Feyerabend, P. K.;(2008): *Adiós a la razón*, Tecnos, Madrid.

Feyerabend, P. K.;(2013): *Filosofía Natural*, Debate, Madrid.

Feyerabend, P. K.;(1995) *Killing Time*. University of Chicago Press. Chicago.

Horgan, J.; (1993): "Profile: Paul Karl Feyerabend: The Worst Enemy of Science", *Scientific American*, May 1993.

Klimovsky, G.; (2005) *Las desventuras del conocimiento científico* 6ª. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Lorenzano, C. J. (1994) 2. *La estructura del conocimiento científico*. 2ª. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.

Preston, J.; (2007) *Paul Feyerabend*. Stanford Encyclopedia of Philosophy.

Sankey, H.; (1994) *The Incommensurability Thesis*, Avebury Press. Aldershot.

XIII.- THOMAS SAMUEL KUHN.



Fig. 13.1. T. S. Kuhn.

13.1.- Introducción.

Thomas Samuel Kuhn (1922 – 1996) fue uno de los filósofos de la ciencia más influyentes del siglo XX. Su libro *La estructura de las revoluciones científicas* es una de las obras más citadas en la bibliografía de todos los libros de su especialidad. Su contribución a la filosofía de la ciencia marcó, no sólo una ruptura con las posiciones epistemológicas de su época, sino que inauguró un nuevo estilo en esta disciplina en el que se destaca notablemente la importancia de la historia de la ciencia. Su descripción del desarrollo de la ciencia sostiene que la ciencia disfruta de períodos de crecimiento estable interrumpidos por revoluciones revisionistas, a lo cual le adicionó su controversial “tesis de la inconmensurabilidad” según la cual, las teorías sobre un aspecto de la realidad, correspondientes a períodos estables diferentes, tienen ciertas características peculiares que afectan notablemente la posibilidad de confrontarlas.

13.2.- Vida y carrera.

La vida académica de Kuhn se inició en la Física. Luego se orientó a la historia de la ciencia y a medida que fue profundizando en estos temas, comenzó a ocuparse de la filosofía de la ciencia, si bien siempre conservó el interés en la historia de la Física. Estudió en Harvard y en 1943 obtuvo su B.Sc. con la calificación *summa cum laude*. En esa Universidad trabajó en el perfeccionamiento de los sistemas de radar y en 1946

obtuvo su M.Sc., para luego preparar su doctorado sobre la aplicación de la Mecánica Cuántica al comportamiento de los cristales, defendiendo su tesis en 1949.

Luego de recibido, trabajó como docente de Humanidades para estudiantes de ciencias de Harvard donde se dedicó a la enseñanza de casos históricos de la ciencia y donde pudo tomar contacto con textos científicos históricos originales. En 1956 fue nombrado Profesor asistente de Educación General e Historia de la Ciencia y durante esos años se abocó al estudio de las teorías imperantes en el siglo XVIII sobre la naturaleza de la materia y sobre los orígenes de la Termodinámica y también al estudio de la historia de la astronomía, publicando su primer libro, *The Copernican Revolution*, en 1957.

En 1961, fue nombrado Profesor Titular de Historia de la Ciencia en el Departamento de Filosofía de la Universidad de California, en Berkeley, lo que lo llevó a profundizar su interés en la Filosofía de la Ciencia. En Berkeley tuvo oportunidad de estudiar los trabajos de Wittgenstein y de Paul Feyerabend. En 1962, publicó su *The Structure of Scientific Revolutions*, en la serie “*Internacional Encyclopedia of Unified Science*” editadas por Otto Neurath y Rudolf Carnap. La idea central de este influyente y controversial libro es que el desarrollo de la ciencia en períodos de “*ciencia normal*” es logrado por adhesión de la comunidad científica a lo que Kuhn llamó “*paradigma*”. La función del paradigma es la de proponer “*enigmas*” (*puzzles*) a los científicos y proveer las herramientas para su solución. Las crisis en la ciencia surgen cuando se pierde la confianza en la capacidad del paradigma para resolver ciertos “*enigmas*” particularmente preocupantes llamados “*anomalías*”. Para resolver alguna de esas anomalías pueden proponerse soluciones que contradicen al paradigma lo que genera un enfrentamiento teórico entre partidarios del paradigma y los que adhieren a una nueva concepción paradigmática. Las crisis suelen ser seguidas por una “*revolución*” si el paradigma existente es superado por un paradigma rival. Kuhn afirmó que la ciencia guiada por un paradigma debería ser “*inconmensurable*” con la ciencia desarrollada bajo paradigmas diferentes lo cual significaría que no hay un parámetro común a las diferentes teorías científicas. Esta tesis de la inconmensurabilidad, desarrollada en la misma época por Feyerabend, descarta ciertas clases de comparación entre dos teorías y consecuentemente rechaza algunas opiniones tradicionales sobre el desarrollo científico, tales como que la ciencia se construye sobre la base del conocimiento contenido en teorías anteriores. La mayor parte del trabajo filosófico subsecuente de Kuhn fue dedicado a articular y desarrollar las ideas contenidas en “*The Structure of Scientific Revolutions*”, si bien algunas de ellas, tales como la tesis de la inconmensurabilidad, sufrieron transformaciones en el proceso.

Si bien, en su debido momento “*La estructura ...*” despertó entre los filósofos el interés que Kuhn se había propuesto, el libro provocó una recepción bastante hostil. La sujeción a las reglas (de la lógica, del método científico, etc.) eran consideradas las condiciones *sine qua non* de la racionalidad, por lo que la afirmación de Kuhn de que los científicos

no emplean reglas en forma estricta para alcanzar sus objetivos aparecía como algo equivalente a la afirmación de que la ciencia es irracional. Esto quedaba realzado por el rechazo kuhniano a la distinción entre descubrimiento y justificación (negando que podamos distinguir entre el proceso psicológico de elaborar una idea y el proceso lógico de justificar la afirmación de su verdad) y su énfasis sobre la inconmensurabilidad (la afirmación de que ciertas clases de comparaciones entre teorías son imposibles). La respuesta negativa que primó entre los filósofos fue exacerbada por una importante tendencia naturalista de “*La estructura ...*” que, en esa época, era poco familiar. Una instancia particularmente significativa de esto fue la insistencia de Kuhn sobre la importancia que tiene la historia de la ciencia en el desarrollo de la filosofía de la ciencia.

La oración inicial de su libro dice “*Si se considera la historia como algo más que un depósito de anécdotas o una cronología, puede producir una transformación decisiva de la imagen que tenemos actualmente de la ciencia*”. Algo también significativo y poco familiar fue la recurrencia de Kuhn a la literatura psicológica y a ejemplos como el cambio de apariencia de una imagen gestáltica.

En 1964, Kuhn dejó la cátedra de Berkeley para ocupar la cátedra de M. Taylor Pyne, que era Profesor de Filosofía e Historia de la Ciencia en la Universidad de Princeton. En el año siguiente tuvo lugar un importante evento que ayudó a promocionar el perfil de Kuhn entre los filósofos. En el Bedford College de Londres se realizó un coloquio Internacional sobre Filosofía de la Ciencia en el que se pensó incluir un debate entre Kuhn, Paul Feyerabend y Lakatos. Cuando se realizó, Feyerabend y Lakatos no asistieron y los trabajos presentados se enfocaron en la obra de Kuhn. Una discusión entre Kuhn y Popper en la que se discutieron sus respectivas posiciones epistemológicas ayudaron a difundir las opiniones de Kuhn. Esa discusión, conjuntamente con contribuciones de Feyerabend y Lakatos, fueron publicados años más tarde en *Criticism and the Growth of Knowledge*, editado por Lakatos y Alan Musgrave (1970). El mismo año se publicó la segunda edición de “*La estructura...*” que incluye una importante “*Posdata*” en la cual Kuhn clarifica su noción de paradigma y, por primera vez, le da a su obra un elemento explícitamente antirrealista al negar la coherencia de la idea de que las teorías pueden ser consideradas como más o menos próximas a la verdad.

En 1977 fue publicada una colección de ensayos de Kuhn, sobre filosofía e historia de la ciencia bajo el título “*The Essential Tension*”, tomado de uno de los primeros trabajos de Kuhn donde él enfatizó la importancia de la tradición en la Ciencia. Al año siguiente fue publicada su segunda monografía *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity*, referida a los albores del desarrollo de la teoría cuántica. En 1983 fue nombrado Profesor de filosofía en la cátedra Lawrence S. Rockefeller del MIT. En los '80 y en los '90 continuó con sus trabajos sobre una variedad de tópicos tanto en historia como en filosofía de la ciencia, incluyendo el desarrollo de su concepto de inconmensurabilidad y en 1996 estaba preparando una segunda monografía filosófica

que, entre otros temas, versaba sobre la evolución del concepto de cambio científico y la adquisición de conceptos en psicología cuando lo sorprendió la muerte.

13.3.- La epistemología de Kuhn.

Tanto el positivismo lógico como el modelo hipotético – deductivo, en sus distintas variantes, han sido sometidos a críticas parciales y, a veces, drásticas y totales por parte de diversos epistemólogos contemporáneos. Muchos dudan de que la descripción fáctica de lo que realmente hacen los científicos, en el seno de una comunidad social, se corresponda con la práctica de un método científico que sigue estrictamente patrones dictados por la lógica y creen que es necesario centrar el análisis en cuestiones sociológicas, en especial las atinentes al comportamiento de la comunidad científica frente a los problemas que la sociedad le demanda o a las propias opiniones, divergencias y creencias que adoptan.

A partir de la década de 1960, se publicaron libros y artículos que pasaron a formar parte de lo que, en su momento, se denominó la "*nueva epistemología*". Todos estos aportes, vinculados a nombres tales como los de Kuhn y Feyerabend, no llegaron a constituir una posición unificada frente a las concepciones epistemológicas tradicionales. Hubo posiciones extremas como la de Paul Feyerabend según la cual la característica del método científico es la carencia de método ("*todo vale*") hasta posiciones cautelosas como las de Lakatos que, si bien aceptaba parte de las críticas provenientes de la "*nueva epistemología*", defendía una posición más clásica, que no abandonaba la concepción racionalista de la ciencia.

Kuhn fue el más popular de los "*nuevos epistemólogos*". *La estructura ...*, imprimió un giro copernicano a la epistemología contemporánea desplazándola de su posición logicista tradicional hacia otra de carácter más sociologista que tenía, además, una estrecha vinculación con la historia de la ciencia.

En su libro, Kuhn desarrolla su propuesta especialmente en relación con las ciencias físicas y químicas y muy poco en relación con la biología o las disciplinas sociales. Consideraremos entonces una disciplina *C* del ámbito de las ciencias físicas y analizaremos su desarrollo histórico, en los términos que emplea Kuhn, desde sus orígenes hasta su estado actual. Según Kuhn, en el desarrollo de *C* hay que distinguir etapas que luego se repiten cíclicamente y a las cuales a riesgo de esquematizar en exceso su pensamiento, numeraremos correlativamente.

13.4.- Preciencia.

En la etapa número 1, que pudiéramos llamar *precientífica*, existen investigadores, estudiosos, hombres de ciencia, que toman en consideración ciertos problemas y tratan de resolverlos. Habrá distintos enfoques y escuelas para el abordaje de tales problemas. Pero, el rasgo distintivo y característico de este momento del desarrollo de la ciencia *C*, es que no existe consenso ni unanimidad en la comunidad constituida por las personas dedicadas a estudiar e investigar tales temas. Ya sean individuos aislados o grupos de personas que adhieren a determinadas teorías, tienen escasa comunicación con los que sostienen teorías distintas sobre el mismo tema. Otro rasgo que se da con frecuencia es que cada grupo que adhiere a una teoría suele usar una terminología y una metodología de investigación que difiere de los partidarios de teorías opuestas o disímiles sobre el mismo campo del conocimiento. Este estado de teorías, metodologías, instrumental y lenguajes contrapuestos provoca que las investigaciones tomen direcciones muy diferentes a la vez que acentúan las diferencias conceptuales entre los distintos grupos. Por todo ello, la actividad científica semeja un archipiélago de islas muy distantes entre sí, donde cada científico, — o grupo de científicos — realiza sus investigaciones de manera aislada, en un universo de nociones muy peculiares y distintivas. Usando la metáfora de Klimovsky: “... el conjunto de los científicos se comporta como una especie de caótico ejército en el que todos los soldados tienen uniformes distintos, armas distintas, estrategias distintas y aún concepciones distintas acerca de quién es el enemigo. Avanzan, por tanto, en direcciones diferentes”. Si bien para algunos epistemólogos, como Paul Feyerabend, semejante anarquía pudo resultar grata, no parece ser lo más adecuado para el desarrollo de la ciencia que, esencialmente, es una empresa colectiva. Kuhn sostuvo que el desarrollo de la ciencia radica, precisamente, en que, en determinado momento, tal anarquía y dispersión de la actividad científica es reemplazada por una forma más coordinada y consensuada de actuar, con lo que *C* deja de ser “*preciencia*”.

La opinión de Kuhn de que la primera etapa del desarrollo de una ciencia, — la “*preciencia*” — se caracteriza por una anarquía de individuos o escuelas irreconciliables que no se reconocen entre sí, puede encontrar cierto correlato en el desarrollo de la Física o de la Química, pero no parece describir con cierta exactitud lo que realmente ocurre en otros campos del conocimiento. Con el transcurso del tiempo, el mismo Kuhn modificó un tanto sus opiniones de 1962. Sin embargo, hay un aspecto en el que su visión es adecuada, y es su idea de que la discusión epistemológica es síntoma de que se está todavía, en una primera etapa. Las dificultades en combatir el anarquismo correspondiente a esta etapa se advierten con claridad en el campo de las disciplinas sociales, en el que comprobamos la existencia de una enorme cantidad de discusiones sobre fundamentos, principios y orientaciones generales entre las distintas escuelas e investigadores.

13.5.- Ciencia normal y paradigmas.

Luego de la etapa 1 de preciencia, se accedería a la etapa 2, que se suele denominar la "*etapa del logro*". Esta etapa comienza cuando un científico, debido a circunstancias que pueden variar según el contexto histórico, realiza un descubrimiento, escribe un tratado, diseña un instrumento o artefacto, acuña un nuevo concepto o formula una teoría que tiene un peculiar éxito para resolver problemas no resueltos por los individuos o las escuelas aisladas de la etapa de preciencia. Este éxito provoca rápidamente el inicio de la etapa 3, que podría llamarse la "*etapa de conversión*". En esta etapa, la comunidad de personas que se ocupan de la disciplina *C* se convence o persuade de lo adecuado del logro obtenido en la segunda etapa y que el sustrato teórico que permitió ese logro es el correcto, por lo que abandonan sus propias teorías para adherir a las concepciones teóricas que posibilitaron ese logro. Probablemente, Kuhn pensaba que la discusión lógica y la comunicación argumentativa entre individuos o representantes de distintas escuelas es una empresa poco menos que imposible ya que al haber criterios de valoración disímiles, conceptos y lenguajes distintos, no existe un terreno neutral donde sostener el debate.

Según Kuhn, este proceso de conversión continúa hasta que no quedan científicos de cierta relevancia que adhieran a concepciones teóricas distintas a la que permitió el logro. Éste es el momento en que toda la comunidad científica utiliza la misma ideología científica para su acción. Tal estado de consenso caracteriza a la etapa 4, llamada de "*ciencia normal*", una de las nociones claves del pensamiento kuhniano.

Para Kuhn, 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" y sostiene que, en esta etapa, la labor científica se hace mucho más potente y expeditiva que en las etapas anteriores.

Al referirse a la etapa 4 de "ciencia normal" Kuhn introduce un segundo concepto central e importante para su epistemología: la noción de "*paradigma*". En la edición original de "*La estructura...*" Kuhn hace un uso un tanto vago de esta palabra, al punto que Margaret Masterson¹ encontró en el libro, 22 acepciones distintas de este término. El paradigma parecería ser el logro que motiva la transición de la etapa 1 a la etapa 4, y que estaría caracterizado, por un lado, precisamente por el aporte científico que motivó el cambio, pero, por otro, por el "*estilo de trabajo*" adoptado por la comunidad científica en imitación y reflejo de aquel utilizado por el científico que consiguió el logro. De acuerdo con lo que afirma Kuhn, un paradigma sería un logro científico consensualmente adoptado por una comunidad científica como guía sistemática para la realización

¹ **Masterson, M.:** "La naturaleza de los paradigmas". En: I. Lakatos y A. Musgrave (eds.) *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Grijalbo. Barcelona. 1975. pp. 159 – 203.

de sus tareas, logro que posibilita la práctica normal de la ciencia. La expresión clave es aquí "*logro científico*", indicativa de que no cualquier aporte adoptado por unanimidad constituye un paradigma en el sentido que interesa a la epistemología y a la historia de la ciencia. En verdad, Kuhn no efectuó con claridad las distinciones que se deberían ofrecer en este punto, y parece privilegiar la mera situación de consenso frente a los aspectos lógicos, epistemológicos o prácticos de la actividad científica.

En la etapa 4 de ciencia normal y gracias a la aceptación del paradigma, va desapareciendo la anarquía reinante en la etapa 1. El paradigma cumple la función de modelo a seguir en el proceso de investigación para poder resolver los problemas que la disciplina científica plantea. Confiando en la capacidad de resolución de problemas que brinda el paradigma, cada vez se discuten menos los fundamentos de la ciencia y los temas epistemológicos, ya que hay tácita unanimidad acerca de principios y métodos empleados para resolver problemas. En esta etapa la ciencia exhibe un éxito en la resolución de problemas mucho mayor que en la etapa de preciencia, lo que pone en evidencia lo que el paradigma implica, como motor de la investigación.

Kuhn no describió a la actividad científica como una actividad generada por el amor a la verdad o como una aventura espiritual o filosófica. Sostuvo que la actividad científica está centrada principalmente en el propósito de "*resolver problemas*" (*puzzles* en el texto de Kuhn). En este sentido, la descripción que Kuhn hace se asemeja mucho a una actividad deportiva, donde lo que interesa, principalmente, es quién resuelve un problema o alcanza un descubrimiento por primera vez, o quién sustenta el *record* de eficacia científica. Para Kuhn, los problemas son como los enigmas de la sección pasatiempos de los suplementos dominicales de los diarios o rompecabezas que hay que resolver. El desafío es ostensiblemente lúdico y el científico que lo resuelve siente la satisfacción de haberlo hecho y, si es posible, de haberlo hecho antes que otros competidores.

Una característica del paradigma, según Kuhn, es su *invisibilidad*. Para recurrir a una metáfora: una persona que utiliza anteojos mira a través de ellos, pero no los utiliza para mirarlos. Si se está contemplando la realidad a través de un paradigma, se observan entidades y situaciones a través de él, pero, en general, no se tomará conciencia del mismo mientras se investiga. Salvo que haya una situación de crisis (que se suele dar una etapa posterior del desarrollo científico) nadie tiene interés en discutir el paradigma porque el paradigma está fuera de cuestión. Una vez adoptado, él es la llave maestra abrir las puertas del conocimiento. Durante el siglo XVIII, el paradigma newtoniano de la Mecánica era tan exitoso que a ningún físico se le habría ocurrido plantearle dudas u objetarlo. Para un científico de aquella época, las leyes de la mecánica newtoniana eran tan naturales, evidentes y necesarias que nunca se le hubiese ocurrido ponerlas en tela de juicio. Su tarea consistía en resolver problemas mecánicos y astronómicos con ellas, pero no cuestionarlas.

En algunas partes de su libro, Kuhn se refiere a la “*teoría del paradigma*” pero no identifica al paradigma con una teoría sino más bien como un sistema conceptual articulado con la experiencia, que utiliza métodos particulares de resolución de problemas. Más que una teoría, para Kuhn, la noción de paradigma es más cercana a una “*concepción de mundo*” o una ideología.

Aunque no sea estrictamente una teoría, todo paradigma se sustenta sobre una base teórica. La invisibilidad del paradigma hace que las hipótesis que constituyen las teorías en que se sustenta, no sean nunca puestas en contrastación. Durante los períodos de ciencia normal, las hipótesis y teorías que dan sustento al paradigma son ignoradas desde un punto de vista epistemológico. Esto no significa que en el curso de la investigación normal se propongan hipótesis y se realicen contrastaciones, pero no para una búsqueda sistemática de refutaciones que den por tierra a las teorías subyacentes. En la visión kuhniana, la noción de paradigma es algo similar a la de ideología política. Un político puede cuestionar la competencia de un funcionario público o de ciertas medidas económicas, pero eso no significa poner a prueba su propia ideología para refutarla.

En la visión de Kuhn, la noción de paradigma es, fundamentalmente, sociologista. Kuhn la concibe como una estructura en la que, también puede haber elementos lógicos, pero que es adoptada por la comunidad científica por un peculiar tipo de conducta social, el *consenso* o *compromiso*. La aceptación del paradigma y la unanimidad con que se lo utiliza en las investigaciones científicas se alcanza por medio de una suerte de “*adhesión*” y no como consecuencia de una actividad crítica basada en argumentaciones lógico - empíricas. La epistemología de Kuhn resulta ser así una mezcla de sociologismo y pragmatismo. La comunidad científica adopta y comparte un paradigma y actúa de determinada manera a medida que la ciencia se desarrolla, más por factores sociológicos — mayores recursos para investigación, urgencias políticas o sociales, mayor repercusión social, etc. — Para defenderse de las acusaciones de “irracionalista” que se le habían endilgado, Kuhn admitió que en los cambios de actitudes que llevan a adoptar un paradigma inciden ciertas “*vertientes racionales*”, consideraciones lógicas y recursos a la observación.

13.6.- La metodología en la obra de Kuhn.

“*La estructura ...*” no evidencia ningún prejuicio contra la aplicación de los métodos inductivos y el hipotético deductivo, en tanto éstos sean simples instrumentos para la investigación normal. Para Kuhn, el inductivismo es una concepción por la cual la ciencia se desarrolla por mero acrecentamiento, pero la constitución de un paradigma o su reemplazo por otro, nada tiene que ver con tal acumulación. Los cambios de paradigma originan las revoluciones científicas, pero estas ocurren cuando se han producido serios

inconvenientes con el paradigma lo que lleva a su sustitución por otro mejor y en esa sustitución no siempre suele haber acumulación. Kuhn admite que los procedimientos inductivos y estadísticos son perfectamente utilizables para realizar "labores de detalle" en la etapa de ciencia normal, guiada por el paradigma. Algo similar sucedería con el método hipotético deductivo el que tampoco desempeñaría papel alguno en la constitución del primer paradigma de una ciencia o en los cambios de paradigma, pero, que formular hipótesis y contrastarlas es un procedimiento habitual en problemas de detalle, en investigaciones de laboratorio, en cuestiones especiales, todos ellos vinculados con la práctica de la investigación normal.

Kuhn señaló que gran parte de la actividad científica no se relaciona con la aplicación de métodos inductivos o del método hipotético deductivo, sino con el ajuste o articulación del paradigma. A primera vista, esta afirmación parecería contradecir aquella según la cual el paradigma es invisible, pero tal contradicción es sólo aparente. A medida que la ciencia normal progresa suelen aparecer ciertas fallas en el paradigma, a las que Kuhn denominó "*anomalías*". La existencia de estas anomalías se acepta, pero se admite que podrán ser corregidas. Por ejemplo, podría ocurrir que ciertas predicciones basadas sobre el paradigma conduzcan a resultados que no concuerdan con los experimentales. Esto podría deberse a que no se ha determinado con mayor exactitud el valor de ciertas constantes universales que aparecen en las leyes físicas. Una vez corregidos tales valores los resultados experimentales coinciden con los esperados y el paradigma será más eficaz como guía para la resolución de problemas. La articulación del paradigma, por tanto, no niega su invisibilidad.

13.7.- Crisis y revolución científica.

Kuhn, sostuvo que, en un determinado momento, los inconvenientes internos planteados por la experiencia dentro de un paradigma comienzan a generar anomalías que los científicos no pueden resolver. Esas anomalías son aspectos de la investigación que no pueden articularse con el paradigma. Se inicia así la etapa 5 del desarrollo kuhniano de la ciencia. Las anomalías suelen ser de índole más diversa. Pueden tratarse del comportamiento anómalo de una situación experimental (como en la experiencia de Michelson - Morley), de la inoperancia de un modelo planetario para predecir la posición de los astros o de un problema que, por la naturaleza lógica del mismo, debió haberse resuelto. Ante la aparición de tales inconvenientes, la actitud inicial de los científicos no consiste en cuestionar el paradigma, sino, lisa y llanamente, en denegarlos e ignorarlos. En estos casos, los científicos asumen su incapacidad encontrar la solución y confían que algún científico ingenioso la resuelva. La actitud suele ser la "barrer bajo la alfombra" ignorando la dificultad y conduciéndose como si nada sucediera. Kuhn afirmó que en esta etapa 5 quien por primera vez señala una anomalía no tiene reconocimiento comunitario. En estos casos, la actitud general de los

miembros de la comunidad científica frente al episodio es afirmar que el denunciante es un mal científico que ha seguido las normas del paradigma, pero las ha instrumentado mal.

Luego de la etapa 5, sobreviene una etapa 6 en la que las anomalías se presentan con cierta frecuencia y ya no se las puede denegar. Se la podría llamar "etapa de crisis", ya que la falta de respuestas del paradigma ante tales anomalías comienza a producir cierta insatisfacción. Sin embargo, durante el transcurso de las etapas 5 y 6 los científicos no piensan, todavía en abandonar el paradigma.

Suele ocurrir, que la naturaleza y gravedad de las anomalías conduzca a una "etapa de emergencia", la etapa 7. Ésta ya, decididamente, pone en peligro al paradigma, que ahora es contemplado críticamente. En esta etapa, muchos científicos comienzan a pensar que la deficiencia en la resolución de las anomalías radica en el paradigma. El paradigma comienza a resquebrajarse en "*sub-paradigmas*" y se advierte una señal inequívoca de la crisis: empiezan a aparecer nuevamente las discusiones epistemológicas, las cuestiones de principios o de fundamentos de la ciencia. (A veces, la crisis afecta también el estado emocional de los científicos, quienes experimentan la sensación de que mejor hubieran hecho en dedicarse a otra cosa). Pero hasta que no se produce una situación totalmente intolerable y aparece la propuesta de un nuevo paradigma, la comunidad científica no abandona el paradigma en crisis. Sólo cuando de pronto algún científico realiza una transformación de la manera de pensar habitual, cambia conceptos, principios, modos de entender y valorar la experiencia y hasta el manejo de los instrumentos, puede comenzar la superación de la crisis: ha nacido un paradigma alternativo. Ésta sería la etapa 8, una nueva "etapa del logro" que repite, aunque en una situación histórica distinta, lo que ocurrió en la etapa 2. A partir de aquí habrá una reiteración: este nuevo logro llevará a la etapa 9, una nueva etapa de conversión en que los partidarios del viejo paradigma se irán convirtiendo al nuevo; y cuando la conversión es general y se alcanza el estado de unanimidad y de consenso, se accede a la etapa 10, en que se practicará ciencia normal regida, esta vez, por el nuevo paradigma.

Las etapas 8, 9 y el comienzo de la 10 constituyen una "*revolución científica*", el tercero de los conceptos centrales de la epistemología de Kuhn. Tal como él la describe, la historia de una ciencia consistiría en una etapa 1 de preciencia, seguida por un avance hacia la etapa 4 (propuesta de un paradigma, conversión, ciencia normal), y luego por un proceso que abarca desde la etapa 5 hasta el comienzo de la 10 (aparición de anomalías, crisis, revolución, propuesta de un nuevo paradigma, conversión al mismo y nuevo período de ciencia normal). La etapa 11 correspondería a la aparición de las primeras anomalías del nuevo paradigma, la 12 a la acumulación de las mismas, la 13 a una nueva situación de emergencia, y así sucesivamente, en ciclos que históricamente se reiterarían a través de períodos de ciencia normal interrumpidos por revoluciones.

Esta descripción del pensamiento kuhniano constituye lo que podríamos denominar el Kuhn "débil", en el sentido de que sus concepciones sociológicas, epistemológicas y metodológicas, si bien proponen una posición muy distinta a la del inductivismo o al método hipotético deductivo, no significan un cambio de actitud tan poderoso que implique una revolución en la filosofía de la ciencia. Pero, junto a este Kuhn "débil", se comprueba la existencia de un Kuhn "fuerte", pues este epistemólogo planteó además algunas tesis que, desde el punto de vista filosófico y hasta metafísico, entrañan notables y provocativas consecuencias.

13.8.- La inconmensurabilidad de los paradigmas.

La concepción empirista estándar analiza los juicios acerca de la calidad epistémica de una teoría sobre la base de aplicar reglas metodológicas que vinculen la teoría con la evidencia. La opinión de Kuhn fue que juzgamos la calidad de una teoría (y la forma en que trata la evidencia) por comparación con una teoría paradigmática. Por lo tanto, los estándares de valoración no son independientes de una teoría ni son permanentes. No son reglas, ya que involucran la percepción de relaciones de semejanza (respecto de la manera en que el paradigma resuelve enigmas). Tampoco son independientes de alguna teoría, ya que involucran la comparación con la teoría del paradigma. No son permanentes, ya que los paradigmas pueden cambiar a causa de revoluciones científicas. Por ejemplo, muchos científicos consideraron que la descripción newtoniana de la gravitación (que involucra una acción a distancia que carece de explicación subyacente) era una descripción mucho más pobre que la explicación ptolemaica (en términos de esferas cristalinas contiguas) o la de Descartes (en términos de vórtices). Sin embargo, a medida que la teoría de Newton se fue aceptando y se convirtió en el paradigma mediante el cual eran juzgadas las teorías posteriores. La falta de un mecanismo subyacente que explique la interacción a distancia dejó de constituir una objeción, de la misma manera que lo fue la ley de interacción electrostática de Coulomb². Consecuentemente, la comparación entre teorías no es tan directa como lo imaginaba el empiricismo ya que sus patrones de evaluación están sujetos a cambios. Esta clase de dificultad en la comparación es una instancia a la cual Kuhn y Feyerabend llamaron "inconmensurabilidad". Las teorías son inconmensurables cuando no comparten mediciones comunes. De este modo, si los paradigmas son los estándares a seguir en las soluciones de enigmas, entonces las soluciones de enigmas desarrolladas en diferentes eras de ciencia normal se juzgarán por comparación con diferentes paradigmas por lo que carecerán de una referencia común. El término inconmensurabilidad deriva de la

² En la actual teoría del campo cuántico, uno de los postulados es que "no existe interacción a distancia". La interacción entre dos cuerpos que no están físicamente en contacto siempre es mediada por algún tipo de ente, como fotones, gravitones, etc.

matemática donde dos cantidades son inconmensurables si su cociente es un número irracional. Kuhn aclaró que inconmensurabilidad no significa incomparabilidad.

Se suele decir que en la concepción de Kuhn hay tres tipos de inconmensurabilidad:

- (1) Metodológica. No hay una referencia común debido a que los métodos de comparación y evaluación cambian con los paradigmas
- (2) Perceptual/observacional. La evidencia observacional no puede proveer una base común para la comparación de teorías ya que la experiencia perceptual es dependiente de la teoría.
- (3) Semántica. El hecho de que los lenguajes de las teorías de diferentes períodos de ciencia normal suelen ser no traducibles presenta un obstáculo para la comparación de esas teorías.

Las críticas que Kuhn recibió motivaron que en 1970 se publicase una segunda edición de “La estructura ...” con una posdata bastante extensa donde el autor clarifica muchos de los conceptos vertidos en la edición original.

A lo largo de los años, Kuhn fue modificando algunos aspectos de su postura epistemológica, especialmente en lo atinente a la inconmensurabilidad de los paradigmas. En su visión madura reconocía que los paradigmas se pueden comparar en muchos aspectos (aunque en no todos).

Thomas S. Kuhn ha hecho una contribución muy valiosa a la epistemología, fundamentalmente al haber instalado la idea de la influencia de los factores sociológicos en la aceptación de las teorías y en la importancia de la historia en la evolución de la ciencia. Entre las críticas que se pueden formular, puede destacarse que el esquema de las revoluciones científicas podría ser adecuado para las ciencias naturales, pero no tanto para las disciplinas sociales, salvo que consideremos que esas disciplinas están en la etapa de preciencia. Tomemos por caso la economía: desde hace muchos años coexisten varios paradigmas entre los cuales se encuentran el marxismo y el liberalismo. Cada una de esas concepciones tiene sus principios, su metodología, su práctica en el poder y su historia. Pero el sólo hecho de coexistir da por tierra la adhesión de toda la comunidad de economistas a un solo paradigma. Otra de las críticas que se puede hacer al trabajo de Kuhn es el empleo algo descuidado en el lenguaje que utilizó en “La estructura ...” y en otras obras.

13.9.- Bibliografía.

Bird, A.; (2004): *Thomas Kuhn*, Stanford Encyclopedia of Philosophy

Klimovsky, G.; (2005): *Las desventuras del conocimiento científico* 6^a. Edición. AZ editora. Buenos Aires.

Kuhn, T. S.; (1996): *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires.

Kuhn, T. S.; (1989): *Qué son las revoluciones científicas*, Paidós, Barcelona.

Kuhn, T. S.; (1993): *La tensión esencial*. Fondo de Cultura económico, México.

Lorenzano, C. J.; (1994): *La estructura del conocimiento científico*. 2^a. Edición. Editorial Biblos. Buenos Aires.



La Epistemología es una rama de la Filosofía que se ocupa de las características esenciales de las ciencias, de cómo se valora el conocimiento científico y de los métodos (si los hay) para optimizar la tarea de investigación científica.

Una ciencia no sólo se ocupa de encontrar nuevas regularidades, sino también, de dar una interpretación teórica de las generalizaciones que se obtienen experimentalmente. Obviamente, para dar una interpretación teórica se requiere una teoría.

En toda teoría se parte de un conjunto de enunciados (llamados postulados, principios, axiomas, etc.), que se aceptan como verdaderos “a priori”. Cualquiera sea la ciencia, esos enunciados tienen las siguientes características:

Son aceptados por la gran mayoría de las personas que se dedican a esa disciplina.

Si un hecho de la realidad contradice alguno de los enunciados fundamentales de la teoría, ese enunciado se modifica o se anula. Si ocurre esa contradicción y el enunciado “refutado” se mantiene, la disciplina no es una ciencia sino un dogma.



ISBN 978-631-91124-0-5

