



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

**El error y la refutación en la filosofía de la
ciencia de Pierre Duhem y Karl Popper**

TESIS

Que para optar por el grado de
Maestría en Filosofía de la Ciencia
presenta:

Liliana Guadalupe Almeida Minjares

Asesor: Dr. Godfrey Guillaumin Juárez
UAM-Iztapalapa

México, D.F.

Junio, 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mi mamá.

Agradecimientos:

Muchas personas han estado presentes a lo largo de la realización de esta tesis y de mis estudios de maestría, pero quiero agradecer principalmente a mi mamá y a mi hermana por motivarme y apoyarme en todo momento haciendo posible que concluya con éxito y con muchos nuevos proyectos este periodo. A mi mamá le debo toda mi vida, pero también le debo la idea de elegir a la filosofía como mi profesión. Hace nueve años me sugirió que estudiara filosofía, y esa idea tan acertada que quizá sólo fue una ocurrencia, me llevó a encontrar lo que hoy más me apasiona. Por todo su amor, su paciencia y la asertividad de sus consejos le dedico esta tesis.

Agradezco especialmente al Dr. Godfrey Guillaumin por todo lo que me ha enseñado en este tiempo. Aparte de estar al pendiente de mis avances, hacerme repetidas y minuciosas revisiones para que este trabajo fuera posible y tenerme mucha paciencia, es para mí un gran ejemplo como profesor y como filósofo que espero poder imitar.

Muchas gracias a la Dra. Atocha Aliselda, al Dr. Ambrosio Velasco, a la Dra. Maricruz Galván y al Dr. Álvaro Peláez, por leer puntualmente mi tesis, por sus correcciones y sugerencias que me ayudaron a afinar y mejorar mi trabajo. Agradezco también al Dr. Jaime Nubiola por recibirme en la UNAV y haberme ayudado a conseguir bibliografía muy valiosa para este trabajo.

Gracias a Stéfano por estar conmigo, por ser mi compañero favorito en la vida y en la filosofía. Gracias por el apoyo constante en todos mis proyectos filosóficos y por leer, corregir, discutir e interesarse por mi tesis a lo largo de su realización. Espero hacer honor a sus enseñanzas y a las discusiones filosóficas que hemos tenido. Los epígrafes y las comas que están especialmente dedicados a él.

Tengo que agradecer especialmente a Alejandro Vázquez del Mercado por haberme motivado a entrar a la maestría en Filosofía de la Ciencia, y a mis amigos filósofos Alejandro Cavallazi, Eduardo Charpenel, Alejandro Bicieg, Héctor Velázquez, Paniel Reyes, Majo García, Andrés Hernández, Majo Urteaga, Leonardo Ruiz, Fernanda Crespo, Alberto Ross, Adolfo Mancera y Roberto Casales, porque aparte de que disfruto constantemente de su amistad, siempre aprendo mucho de ellos y me permiten hacer filosofía dialogando, compartiendo

y criticando nuestras ideas. Gracias porque de todas las discusiones y pláticas filosóficas surgieron muchas de las ideas que están en esta tesis.

Gracias a todos mis colegas y amigos del Williams, especialmente a Javier de la Cruz, a Mayte de Lasse, a Roberto Montoya y a Isaías Barranco, porque me han acompañado y apoyado en esta etapa, aparte de que han sido una clave fundamental para ayudarme a comprender muchos problemas científicos y filosóficos.

Quiero agradecer de manera especial a mis amigas Claudia Luna, Fernanda Madrid, Susana Landaverde, Viviana Huerta, Rocío Abraham, y Cecilia Coronado por apoyarme, escucharme y acompañarme en la vida. Gracias por que desde hace muchos años me permiten compartir con ustedes todos mis logros, mis desaciertos y mis proyectos.

Agradezco a los profesores por todo lo que me enseñaron en sus clases, a la coordinación del posgrado, especialmente a Noemí Vidal porque gracias a todas sus atenciones ha sido posible concluir mi maestría, y a Jorge Linares por los nuevos proyectos y por su confianza.

Gracias a todos mis compañeros de la maestría, especialmente a Mónica, Tonatiuh, Josafat, Carolina y Natalia, por su amistad, por las discusiones, porque me enseñaron mucho desde sus diferentes formaciones y me ayudaron a comprender muchas cosas que no entendía.

Finalmente quiero agradecer a CONACYT por haberme dado la beca que hizo posible que estudiara la maestría en Filosofía de la Ciencia.

Liliana Almeida, junio de 2013.

El problema del error y la refutación en la filosofía de la ciencia de Duhem y Popper

Introducción	7
I. La estructura y la función de las teorías físicas en Duhem	16
1. Introducción	16
2. El objetivo y la naturaleza de las teorías físicas	19
3. El método de la teoría física	24
3.1 La crítica de Duhem a la inducción.....	24
3.2 La importancia de la historia en la idea de progreso de la ciencia de Duhem	25
3.3 La distinción entre representación y explicación como elementos de las teorías, y las fuentes del error.....	27
4. Examinación y refutación de teorías.....	29
4.1 La interpretación en el experimento y el holismo de las teorías físicas	29
4.2 El error en las teorías.....	31
4.3 La imposibilidad del experimento crucial en física	33
4.4 El sentido común como criterio de selección de hipótesis.....	36
II. Consideraciones de Popper sobre la filosofía de Duhem.....	38
1. Introducción	38
2. La concepción de Popper sobre la idea de ciencia en Duhem	41
2.1 El convencionalismo de Duhem según Popper.....	43
2.2 El instrumentalismo de Duhem según Popper	45
3. La concepción de Popper sobre la inducción y deducción en Duhem	49
3.1 La interpretación psicologista de Popper de la epistemología de Duhem.....	49
3.2 La crítica de Popper a la inducción en Duhem	51
III. El papel de la refutación en la filosofía de Popper	54
1. Introducción	54
2. El desarrollo de la noción de refutación en la obra de Popper.	55
3. La refutación de las leyes naturales	58
4. Los experimentos cruciales	63
4.1 Los experimentos cruciales como herramienta para refutar y seleccionar teorías.....	63
4.2 La importancia de los experimentos cruciales, la corroboración y la verosimilitud en el desarrollo de la ciencia	69

IV. Diferencias y similitudes en el pensamiento de Popper y Duhem con respecto al error y la refutación..... 75

- 1. Sobre la importancia del error en el desarrollo de la ciencia 75
- 2. Sobre la posibilidad de encontrar el error en los sistemas teóricos..... 76
- 3. Sobre las posibilidad de selección de teorías..... 81
- 4. Sobre la importancia de la inducción para el desarrollo de la ciencia..... 85

Conclusiones 90

Bibliografía..... 97

El deber de la filosofía consiste en eliminar la ilusión producida por un malentendido, aunque ello supusiera la pérdida de preciados y queridos errores, sean cuantos sean.

Immanuel Kant, *KrV*, A XIII.

Introducción

La cuestión sobre la posibilidad de obtener conocimiento objetivo ha ocupado un lugar muy importante en los estudios de filosofía de la ciencia. Puesto que la ciencia se ha tomado como el modelo de conocimiento cuyas pretensiones y características se encaminan a ofrecer resultados verdaderos, universales, demostrables, o al menos confiables, la filosofía se ha encargado de indagar los métodos y la naturaleza del conocimiento científico con el fin de cuestionar los alcances del mismo, teniendo en cuenta que aquello que estudia la ciencia es un mundo lleno de incertidumbres y que en el afán de comprenderlo cometemos múltiples errores. El error se presenta como un juicio equivocado en el intento de conocer, describir, explicar o representar la realidad, y puesto que el conocimiento humano es falible, parece ser que el problema del error consiste en que nuestras teorías siempre están sujetas a ser falsas o a presentar anomalías que nos indiquen la existencia de una falla en el conocimiento. El hecho de que el error esté presente en nuestras investigaciones sugiere múltiples cuestiones o problemas por analizar desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia, por ejemplo, ¿es posible obtener conocimiento confiable?, ¿cuál es el origen del error?, ¿podemos situar al error dentro de un sistema teórico?, ¿el objetivo de la ciencia es eliminar el error?, ¿existen métodos para eliminarlo?, ¿el error puede contribuir al progreso científico?, ¿podemos obtener objetividad a pesar del error?, etcétera. Con la intención de mostrar la importancia y vigencia de los problemas a los que conlleva el error, expondré brevemente cuál ha sido su papel en la filosofía desde la modernidad hasta el contexto actual.

Si bien es cierto que se ha prestado poco interés al papel del error en la ciencia, y que sin duda fue hasta el siglo XX que Karl Popper subrayó la importancia del error como un elemento fundamental de la filosofía de la ciencia, es preciso apuntar que desde la modernidad se empezó a considerar al error como un problema filosófico importante para la teoría del conocimiento científico, y como veremos, en la actualidad se ha retomado nuevamente como una de las claves para entender el progreso y la naturaleza de la ciencia¹.

¹ Filósofos como Giora Hon y Deborah Mayo entre otros, encabezan una línea de investigación sobre el problema del error y su importancia en la ciencia. Ver Deborah Mayo y Aris Spanos (eds.), *Error experimental reasoning, and Reliability, and the Objectivity Inference and Rationality of Science. and the Growth of Experimental Knowledge*, (Cambridge: Cambridge University Press,

Bacon y Descartes vincularon de manera explícita el problema del error en el conocimiento con la ciencia. Bacon afirma que para poder dominar a la naturaleza es necesario eliminar todos los prejuicios que constituyen la fuente del error, para después, a partir de la experiencia y el entendimiento ya depurado de todo prejuicio, llevar a cabo experimentos que nos permitan explicar correctamente a la naturaleza. Por su parte, Descartes construye un método que le permita llegar a la certeza absoluta en la ciencia; para ello es necesario que éste contenga las reglas que discriminen lo falso de lo verdadero, es decir, que tenga los medios para evitar todas las posibles fuentes de error e incluso eliminarlo. Finalmente, tanto para Bacon como para Descartes, la función principal del método para obtener conocimiento verdadero es la eliminación del error, de modo que el conocimiento científico se caracteriza por ser conocimiento exento de errores².

A diferencia de los filósofos mencionados, Hume y Kant admiten que no es posible eliminar por completo al error del conocimiento científico. Lo más característico de sus propuestas es que sitúan al error como un problema de correspondencia entre los hechos y la razón³.

Para Hume, la única manera de distinguir lo falso de lo verdadero es la evidencia dada por los sentidos. La verdad corresponde con los hechos, de modo que sólo las impresiones simples y sus ideas correspondientes son evidencias apodícticas, mientras que las ideas complejas son sujetas a error. El error no se encuentra entonces en la asociación de ideas, pues algunas de las relaciones que las unen están desvinculadas de la evidencia; estas ideas complejas están fundadas en creencias que no pueden ofrecernos evidencia sino sólo conocimiento probable. El reclamo de Hume hacia la ciencia de su tiempo es la pretensión de establecer principios más allá de lo empíricamente evidente, puesto que el error se encuentra en todos los ámbitos en los que la razón se distancia de

2010). Giora Hon, "Putting Error to (Historical) Work: Error as a Tell-tale in the Studies of Kepler and Galileo", *Centaurus*, Vol 46, No. 1 (febrero 2004), p. 58-81. Giora Hon, "Can Error Implies Existence?" *Philosophy and Theology*, Vol.18, No. 2 (2006), p. 201-218.

² Leo W. Keeler, *The Problem of Error From Plato to Kant*, (Roma: Pontificia Universitas Gregoriana, 1934), p. 141-145, 178-183 y 205-206.

³ Ver David Hume, *Tratado de la naturaleza humana*, trad. Vicente Viqueira, (México: Porrúa, 2005), Libro 1º, parte 4a, sección I, II y VII. Immanuel Kant, *Prolegómenos a toda metafísica del porvenir*, trad. Francisco Larroyo, (México: Porrúa, 2003), §13, p. 53-54.

la evidencia. Pero teniendo en cuenta lo anterior, Hume es consciente de las debilidades de la ciencia empírica: si bien el álgebra y la aritmética pueden garantizar certeza al no estar sujetas al cambio accidental, las otras ciencias dependen de relaciones que no son dadas inmediatamente a la conciencia, de modo que siempre existirá un rango de error en sus demostraciones.⁴

En términos generales, Kant sugiere que la principal causa del error es la pretensión de juzgar por medios racionales aquello que trasciende al ámbito de la experiencia.⁵ Sin embargo, existe otra posibilidad de errar relacionada con el conocimiento empírico, misma que reside en el juicio, en tanto que la verdad y la falsedad únicamente se pueden dar en la relación entre el objeto y el entendimiento. Kant distingue dos clases de juicios empíricos: el de percepción que es contingente y válido únicamente para el sujeto que percibe, y los juicios de experiencia. Es en éstos últimos en los que cabe la posibilidad del error, pues estos son los juicios que se refieren a los objetos. En términos generales el error se da cuando se enlaza en el juicio lo que no está en el objeto. El error entonces no está en el objeto percibido, ni tampoco en los sentidos, sino en la concordancia entre el objeto y el entendimiento.⁶

En siglo XIX con el surgimiento de las geometrías no euclidianas, el auge de la teoría de la evolución y las tendencias antimecanicistas de la época, se presenta un nuevo interés por el error y los problemas que éste conlleva. Tanto Duhem como Peirce abordarán al error desde una perspectiva diferente a la de los filósofos modernos. Más que ser considerado como un problema de percepción y del proceso de conocimiento, el error será tomado como un

⁴ David Hume, *Tratado de la naturaleza humana*, trad. Vicente Viqueira, (México: Porrúa, 2005), I, I, VII pp. 31-33; Libro 1º, 1ª parte, sección I pp. 70-73; Libro III, 1ª parte, sección I p. 387.

⁵ Immanuel Kant, *Prolegómenos a toda metafísica del porvenir*, §20, pp. 62-64. Ver también Immanuel Kant, "La dialéctica Trascendental" *Crítica de la razón pura*, trad. Pedro Ribas, (México: Taurus, 2006). En este apartado Kant discute las falacias que surgen del análisis racional de las tres ideas trascendentales: el alma, el mundo y Dios, construyendo una crítica a la psicología, cosmología y teología racional respectivamente. Para Kant resulta fundamental el problema de la ilusión trascendental e incluso más importante que el problema de la ilusión empírica y los errores en los juicios, pues a partir de éste sugiere la demarcación entre la ciencia y la metafísica, planteamiento que influirá notablemente en los positivistas lógicos y Popper en sus propuestas sobre la demarcación.

⁶ Immanuel Kant, *Crítica de la razón pura*, A 293-294/B 350-351.

elemento relevante para la justificación en la ciencia y la relación entre teoría y experimento.

A partir de este momento surgirá la noción de refutación, que se refiere al método para seleccionar o descartar teorías a partir del error. Es necesario señalar que existe una diferencia epistemológica fundamental entre el error y la refutación: mientras que el error es el resultado de la falsedad de nuestros juicios y de nuestras percepciones, la refutación es un método que toma al error como elemento básico para poner a prueba una teoría. De modo que únicamente si hay error, puede haber refutación.

Para Peirce el error es una característica inherente al conocimiento humano, de modo que el conocimiento científico siempre es susceptible de ser falso. Teniendo en cuenta lo anterior, el científico deberá estar siempre dispuesto a abandonar sus creencias o teorías cuando la experiencia se oponga a ellas.⁷ El error para Peirce tiene una doble función: en primer lugar es una de las claves que posibilita el progreso en el conocimiento (puesto que éste es evolutivo y autocorrectivo); y por otro lado, es un elemento que permite la refutación de teorías, y la gran ventaja de la refutación es que es un método que inicia por la examinación de las hipótesis menos probables, lo cual implica una mayor economía y simplicidad en la investigación que la que requiere la confirmación de una hipótesis.⁸ La importancia del pensamiento de Peirce en la historia del tratamiento filosófico del error es fundamental para la filosofía de la ciencia, ya que subraya la importancia de éste en el experimento y su papel en la refutación de teorías, y porque al considerarlo como motor de desarrollo científico, el error toma una connotación positiva para la ciencia que no se había tenido en cuenta.

Duhem señala la importancia del problema del error en el ámbito de la teoría física, al considerarlo como un elemento determinante en su desarrollo y justificación. Cuando un experimento hace evidente que existe un error en la teoría, lo único que podemos saber es que existe un error, pero no sabemos con certeza cuál es la parte que la hace fallar. Sin embargo, el hecho de que el experimento nos informe de la existencia de un error es lo que motiva a los

⁷ Charles S. Peirce, en *Collected Papers of Charles Peirce*. Charles Hartshorne y Paul Weiss (eds.), (Cambridge: Harvard University Press), CP 5.514, c. 1905 y CP 1.635, 1898.

⁸ Charles S. Peirce, *CP*, 7.206.

científicos a mejorar las teorías, y por lo tanto contribuye al progreso científico. El error tiene un papel fundamental en la continuidad de la investigación, y esta continuidad no se rompe puesto que la ciencia se construye a partir del desarrollo teórico previo.⁹ A su vez, esta es la razón por la cual Duhem rechaza que un error sea suficiente para refutar a un sistema teórico completo, pues éste indica que existe al menos una hipótesis falsa, pero no implica que todas las hipótesis del sistema lo sean.

En la primera mitad del siglo XX, Popper propone a la refutación como el método propio del progreso de la ciencia. Una teoría científica será aquella que en vez de buscar experimentos que la confirmen, ponga a prueba las partes más débiles en ella misma con el fin de encontrar el error. Una teoría abierta a la refutación será una teoría más confiable, ya que en la medida que resista a los exámenes aumentará su grado de verosimilitud, pero si estos exámenes prueban al menos que existe un error en la teoría, esta quedará refutada. Para Popper, el error es la clave principal del progreso científico, detectar un error no sólo implica el rechazo de una teoría, sino también el descubrimiento de nuevos problemas y el surgimiento de nuevas teorías más explicativas que las anteriores. De acuerdo con este filósofo el error está principalmente en nuestras conjeturas y es posible detectarlo cuando las hipótesis no corresponden con los hechos. A diferencia de Duhem, Popper afirma que existen métodos para situar el error, lo cual hace posible llevar a cabo experimentos cruciales que refuten no solamente a la hipótesis errónea sino al conjunto teórico que como sistema es falso.

A pesar de que Pierce ya había señalado la naturaleza falibilista del conocimiento y al método de refutación como elementos fundamentales de la investigación científica, y de que Duhem señalara los problemas de la refutación y la importancia del error para la justificación de la ciencia, no es sino con la propuesta de Popper que el problema del error, el falibilismo del conocimiento y la refutación, cobran fuerza en las discusiones de la filosofía de la ciencia del siglo XX. Es interesante ver que estos tres filósofos comparten diversas nociones, como la crítica a la verificación, la propuesta de una metodología hipotético-deductiva como característica de la ciencia, y el falibilismo de las teorías científicas. Aunque Popper no haya reconocido con justicia la influencia y las similitudes que tiene su

⁹ Aunque existen momentos anómalos que motivan la ruptura o discontinuidad en el desarrollo científico, estas anomalías no destruyen la totalidad del conocimiento teórico previo.

propuesta con la de Pierce, es muy probable que haya conocido sus trabajos después de definir las líneas principales de su obra: el problema de la inducción y la demarcación. A partir de la consideración de estos problemas, se hace evidente que la filosofía de la ciencia de Popper responde al contexto de las propuestas planteadas por los miembros del Círculo de Viena.

Por otro lado, la influencia de Duhem en Popper se hace más clara en un primer momento, por las diferencias en sus propuestas, principalmente en lo referente a la aplicación de los experimentos cruciales y la subdeterminación de teorías, problemas en los que de manera explícita se encuentra el tema del error. Sin embargo, las similitudes entre estos filósofos se hacen más evidentes conforme fue evolucionando el pensamiento de Popper. Estas diferencias y similitudes entre ambos autores, que sitúan el problema del error y la refutación en el centro de la discusión serán el principal eje de análisis de este trabajo.

Una consecuencia de la consideración del problema del error en la filosofía de la ciencia es el surgimiento de nuevos métodos de confirmación. Las teorías verificacionistas originalmente se basaban sólo en la evidencia positiva. Si bien los empiristas lógicos vieron las dificultades de la inducción enumerativa, actualmente los métodos de confirmación consideran también los posibles errores o anomalías en el experimento como un elemento inevitable de la práctica científica, por lo cual se han adoptado métodos inductivos probabilísticos. Un ejemplo es el método propuesto hace unos años por Deborah Mayo, quien propone el método de estadística del error, que en vez de medir el grado de confirmación, mide la frecuencia con la que diferentes métodos discriminan hipótesis, qué tan confiable son sus resultados y la probabilidad de detectar los errores.¹⁰

Recientemente la historia y la filosofía de la ciencia han puesto atención al análisis del error como un fenómeno de la probabilidad epistémica y como una dificultad inherente al contexto de experimentación y observación¹¹. La presencia del error en los resultados del experimento, implica prestar mayor atención a la

¹⁰ Deborah Mayo, "Preface" en *Error and the Growth of Experimental Knowledge*, (Chicago: University of Chicago Press, 1996).

¹¹ Giora Hon, "Putting Error to (Historical) Work: Error as a Tell-tale in the Studies of Kepler and Galileo", p. 58.

evidencia negativa o a los contraejemplos de las teorías. La filosofía del experimento de Hon, sugiere que la noción de error experimental refleja en gran medida las características del concepto mismo de experimento, y el estudio de estas nociones permite analizar el aspecto normativo y la concepción teórica del experimento¹².

El énfasis que Popper puso en el error como evidencia negativa para demostrar la falsedad de las teorías repercutió en la filosofía de Kuhn y Lakatos. Aunque ambos toman en cuenta el racionalismo crítico y la actitud falibilista de Popper, construyen sus teorías a partir de la crítica de la propuesta popperiana, que en gran medida los hace coincidir con el pensamiento de Duhem: Kuhn afirma que el error motiva al mejoramiento y modificación de las teorías, y que ocurre un cambio de paradigma, no por refutación, sino porque la teoría presente no basta para resolver las anomalías que se presentan, y únicamente cuando una nueva teoría explica estos casos anómalos, se abandona la vieja teoría; Lakatos sugiere que existen hipótesis auxiliares que protegen la integridad de los programas de investigación de las refutaciones, y asegura que los experimentos cruciales no pueden llevarse a cabo porque el error sólo sale a la luz en retrospectiva, aparte de que rechaza la comprobación empírica de las teorías¹³. Estas tesis de Lakatos están estrechamente vinculadas al problema de la subdeterminación propuesta por Duhem y reformulada por Quine, Laudan y el mismo Lakatos, entre otros filósofos. La tesis de la subdeterminación de teorías plantea que pueden existir teorías lógicamente incompatibles pero empíricamente equivalentes, por lo que la evidencia empírica ya sea positiva o negativa no basta para elegir a una de ellas. En términos generales, los filósofos que han adoptado esta tesis sugieren que los errores en las teorías pueden ser eliminados por las mismas hipótesis auxiliares por lo que éstos no intervienen en la selección de teorías tal como Popper sugería.

¹² Giora Hon, "An Attempt at a Philosophy of Experiment", en Maria Carla Galavotti (ed.) *Observation and Experiment in the Natural and Social Sciences*, (Nueva York: Kluwer Academic Publishers, 2003), p. 259-262.

¹³ Bart Karstens, *Conceptualization of the notion of error in historiography of science: two main approaches and their shortcomings*. Leiden, Lorentz workshop: 'Error in the Sciences' (2011) <http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2011/460/presentations/index.php3?wsid=460&type=presentations> Recuperado el 5 de enero de 2013.

En la discusión sobre la posibilidad de refutar teorías y de la aplicación de los experimentos cruciales entre Popper y Duhem, surgen diversos problemas con respecto al papel del error en las teorías científicas. Como he expuesto, la importancia de este debate reside principalmente en que a partir de él se han formado nuevas propuestas en la filosofía de la ciencia que revaloran la importancia del error.

El objetivo de esta tesis es analizar el problema del error a partir de la importancia que Duhem y Popper le asignan desde sus diferentes propuestas. Este análisis me permitirá aclarar la tensión que existe con respecto a la posibilidad de encontrar el error en las teorías y los métodos de selección teórica, para finalmente, hacer un estudio crítico sobre los alcances, diferencias y similitudes de las propuestas de Duhem y Popper en relación al problema del error y la refutación.

En el Capítulo I expongo la forma en la que Duhem concibe a las teorías físicas y su función. Después, explico el método de la teoría física y la forma en la que ésta se estructura tomando en cuenta el papel de la historia en la constitución de teorías y los elementos que la componen. Posteriormente analizo los posibles orígenes del error, la posibilidad de selección de teorías y la función que tiene el error para este fin. El principal objetivo de este capítulo es hacer una exposición sobre los problemas de la filosofía de Duhem que Popper comentará, criticará o tomará como punto de partida para sus tesis.

En el Capítulo II hago una exposición de la forma en la que Popper entiende las ideas de Duhem sobre la naturaleza de las teorías, su estructura y su poder probatorio. Primero analizo la interpretación de Popper del convencionalismo e instrumentalismo de Duhem, para después apuntar las diferencias y similitudes respecto al método inductivo y deductivo en ambos filósofos, siguiendo los textos de Popper.

El en Capítulo III abordo los puntos de divergencia más complicados sobre la noción de refutación en ambos autores. En primer lugar, expongo la idea de refutación en Popper y analizo la forma en la que esta noción fue evolucionando en su pensamiento. Posteriormente, presento la discusión que Popper establece con Duhem sobre la posibilidad de refutar las leyes naturales y de fragmentar los

sistemas teóricos para llevar a cabo la falsación. Después, explico el método de refutación a partir de experimentos cruciales, como respuesta al argumento de Duhem en contra de éstos. Por último, expongo una noción de experimento crucial vinculada a la verosimilitud y analizo las diferencias entre esta nueva propuesta popperiana y la anterior, tomando en cuenta las implicaciones con respecto a la teoría de Duhem.

I. La estructura y la función de las teorías físicas en Duhem

La razón debe abordar a la naturaleza llevando en una mano los principios según los cuales sólo pueden considerarse como leyes los fenómenos concordantes, y en la otra, el experimento que ella haya proyectado a luz de tales principios. Aunque debe hacerlo para ser instruida por la naturaleza, no lo hará en calidad de discípulo que escucha todo lo que el maestro quiere, sino como juez designado que obliga a los testigos a responder a las preguntas que él formula.

Immanuel Kant, *KrV*, B III.

1. Introducción

Pierre Duhem (1861-1916) dedicó su vida a la investigación científica, especialmente al estudio de la termodinámica y el electromagnetismo, hizo grandes contribuciones al estudio de la historia de la ciencia y sin duda influyó notablemente en muchos de los filósofos anglosajones con sus trabajos sobre filosofía de la ciencia. Stanley Jaki afirma que aunque Duhem se veía a sí mismo como un físico teórico más que como historiador, ha sido mayormente reconocido como uno de los más grandes historiadores de la ciencia, que por sus aportaciones a la física.¹⁴ Duhem desarrolló su vida profesional en un ambiente en el que dominaban por un lado, el positivismo que únicamente tomaba por conocimiento válido aquel que se limitara a las relaciones entre los hechos observables, rechazando la posibilidad de entidades metafísicas y juicios de valor, que por su naturaleza, no pertenecen al mundo de la experiencia; y por otro lado, la visión mecanicista y atomista del mundo que consideraba que bajo sus cánones materialistas se podía explicar toda la realidad.¹⁵

Contrariamente al positivismo comteano¹⁶, Duhem no cree que baste la experiencia misma para la elaboración de teorías, pues éstas no surgen por

¹⁴ Stanley Jaki, "Introductory Essay" en Pierre Duhem, *To Save the Phenomena, an essay to the idea of physical theory from Plato to Galileo*, Trad. Edmund Doland and Chaninah Maschler (Chicago: The University of Chicago Press, 1969), p. x.

¹⁵ Mariano Artigas, *Filosofía de la ciencia*, (Navarra: EUNSA, 1999), 38 y 68. Y Luis Salvatico, *Depurando e mecanicismo moderno: análisis de filosofías naturales del siglo XVII a partir de una noción teórica*, (Córdoba: Encuentro, 2006), p. 11.

¹⁶ Comte sostiene como regla fundamental de la lógica y la ciencia positiva que "[...] toda proposición que no puede reducirse estrictamente al mero enunciado de un hecho, particular o

generalización inductiva, aparte de que señala la importancia de tomar en cuenta otros factores ajenos a la experiencia misma, como la intuición científica en la generación y elección de teorías físicas. Al igual que los positivistas, Duhem está interesado en marcar la autonomía de la ciencia física respecto de la metafísica, sin embargo, para Duhem esta autonomía no implica que la metafísica carezca de valor, simplemente la investigación científica es independiente de cualquier consideración metafísica:

Mis investigaciones acerca de la física jamás me han inducido a afirmar o a negar la existencia o la legitimidad de los métodos de investigación ajenos a esta ciencia, y adecuados para obtener verdades que exceden a sus medios¹⁷.

Duhem critica al mecanicismo porque sus explicaciones parten de principios metafísicos supuestos *ad hoc* y presupone que en sus teorías no cabe la menor incertidumbre, puesto que éstas surgen directamente de la experiencia conformando la imagen perfecta de la realidad. Los mecanicistas construyen modelos para representar fenómenos, “[...] comprender la naturaleza de las cosas materiales consistirá en imaginar un mecanismo cuyo funcionamiento represente y simule las propiedades de los cuerpos.”¹⁸, como afirman Ariew y Baker, el problema que ve Duhem en estos modelos imaginarios es que terminan confundiendo el modelo con la realidad, e identificando la experiencia con la teoría al grado de no poderse distinguir¹⁹.

general, no puede tener un sentido real e inteligible[.] su eficacia científica resulta exclusivamente de su concordancia, directa o indirecta, con los fenómenos observados.” Augusto Comte “Discurso sobre el espíritu positivo” en *La filosofía positiva*, comp. Francisco Larroyo, (México: Porrúa, 2003), p. 80.

¹⁷ Pierre Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, trad. Maria Pons Irazazábal, (Barcelona: Herder, 2003), 367-368. “Duhem’s positivism was a mere technique and not that creed which bans metaphysics. That he did not insist on the metaphysical character of the obviousness of notions indispensable for the physicist may have been the reason why logical positivists took him, rather illogically, for an ally whom they obviously read very selectively.” Stanley Jaki, *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, (Países Bajos: Martinus Nijhoff Publishers, 1987), p. 325.

¹⁸ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 91.

¹⁹ Roger Ariew y Peter Barker, “Duhem on Maxwell: A Case-Study in the Interrelations of History of Science and Philosophy of Science” *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy*

Duhem perteneció al movimiento “energetista”, un movimiento que surgió como negación al reduccionismo mecanicista que pretendía explicar los fenómenos asumiendo *ad hoc* las tesis atomistas²⁰. La alternativa energetista de Duhem, buscaba la fundamentación de los procesos naturales en la termodinámica, puesto que ésta tomaba a los átomos como simples hipótesis no demostradas, y que por lo tanto, no pueden ser considerados existentes o inexistentes. Y lo mismo ocurre con la energía “Para él, la física era una cuestión mucho más abstracta y no le preocupaba la posibilidad de que determinadas entidades teóricas no tuvieran equivalente físico.”²¹ La posición energetista de Duhem en ningún momento trató de fungir como una postura filosófica, por el contrario, insiste también en el valor hipotético de la energía, de modo que el energetismo no es más o menos legítimo que el mecanicismo.²² Pero a diferencia de los mecanicistas, la teoría física de acuerdo con Duhem, nunca es exacta, a pesar de que la física tome el método deductivo matemático para obtener sus resultados, esta nunca tendrán el rigor de una deducción matemática.²³

El objetivo de este capítulo es presentar la forma y función de las teorías científicas en la física de acuerdo con Duhem, enfatizando en lo que para él era el grado en el que una teoría se puede o no probar. Esto nos servirá como fondo para evaluar las críticas y comentarios que Popper hace sobre las teorías de Duhem. Desarrollaré este objetivo analizando la concepción de Duhem sobre la naturaleza y el objetivo de la física, el método y la estructura de las teorías; y finalmente abordaré el tema de la refutación y la imposibilidad de los

of Science Association, Vol. 1, (1986), 147. Ver también Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 369, 421-422 y 424.

²⁰ Charles Coulston, *Dictionary of scientific biography*, (Nueva York: Charles Scribner’s Sons, 1971), vol. IV, p. 225.

²¹ Peter J. Bowler e Iwan Rhys Morus, *Panorama general de la ciencia moderna*, trad. Joan Soler, (Barcelona: Crítica, 2007) 119. Ver también Antonio J. Diéguez, “Realismo y antirrealismo en la discusión sobre la existencia de los átomos”, *Philosophica Malacitana*, Vol. 8 (1995), p.11.

²² Coulston, *Dictionary of scientific biography*, 227. Sin embargo Duhem es partidario del energetismo porque éste puede explicar el vínculo entre la teoría y la experiencia sin hacer una simple reducción tal como pretende el mecanicismo. Ver Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 426.

²³ “En efecto, una deducción matemática no es útil al físico si se limita a afirmar que una proposición, rigurosamente verdadera, tiene como consecuencia la exactitud rigurosa de otra proposición. Para ser útil al físico, le hace falta probar además que la segunda proposición se mantiene más o menos exacta cuando la primera es solamente más o menos verdadera”. Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 188.

experimentos cruciales, así como la importancia del sentido común en la selección de teorías.

2. El objetivo y la naturaleza de las teorías físicas

La filosofía de la ciencia de Duhem limita su objetivo a hacer “[...] un simple análisis lógico del método que utiliza en su progreso la ciencia física.”²⁴ Estas reflexiones son producto de la experiencia que él mismo ha tenido en la práctica de la ciencia física,²⁵ y por supuesto de sus estudios sobre la historia de la ciencia y del contexto científico que he descrito, en el cual llevó a cabo sus teorías científicas.

Duhem explica que las teorías físicas se forman a partir de cuatro operaciones: primero se seleccionan las propiedades físicas que se quieren representar, y para tal motivo, se les asigna una magnitud, un número o un símbolo matemático; después se generan las hipótesis relacionando las diferentes magnitudes²⁶. La siguiente operación consiste en el desarrollo matemático de la teoría que consiste en la deducción de las consecuencias a partir de las hipótesis; y por último, se hace la comparación de las consecuencias con las leyes experimentales que la teoría pretende representar. Como resultado de esta descripción²⁷ Duhem propone una definición:

La teoría física no es una explicación, es un sistema de proposiciones matemáticas, deducidas de un pequeño número de principios cuyo objeto es representar de la manera más simple, más completa y más exacta posible un conjunto de leyes experimentales.²⁸

La diferencia entre una teoría física y una teoría metafísica está en que persiguen objetivos distintos: las teorías físicas no buscan darnos una explicación hipotética sobre la realidad material o mostrarnos la naturaleza de las cosas como pretende la metafísica, no son explicaciones de las leyes experimentales, sino que

²⁴ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 1.

²⁵ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 366.

²⁶ Con magnitud se hace referencia a la asignación de un número a una propiedad.

²⁷ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 23-24.

²⁸ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 22.

tienen como objetivo representar satisfactoriamente a un conjunto de leyes experimentales y sus consecuencias²⁹:

Las palabras *verdad* y *certeza* no tienen, en esta teoría, más que un significado: expresan la coincidencia entre las conclusiones de la teoría y las reglas establecidas por los observadores.³⁰

De modo que la teoría, que en sentido lógico sólo se acepta como válida, deja de considerarse satisfactoria si no coincide con la experiencia.³¹ Para Duhem es muy claro que la teoría física por sí misma no nos arroja un conocimiento cierto de la realidad, de modo que advierte un convencionalismo teórico epistemológico que no excluye la existencia de una realidad metafísica, ya que de acuerdo con Duhem la física y la metafísica no tienen el mismo objetivo y son independientes, pero como afirma Hernández, para Duhem “[...] la metafísica está en el horizonte de la física. Las teorías físicas son evolutivas, y su objetivo es acercarse al estado de perfección de una clasificación natural.”³²

Debe haber analogía, [...] entre la explicación metafísica del mundo inanimado y la teoría física perfecta, que ha alcanzado el estado de clasificación natural. Pero esta teoría perfecta no la poseemos, ni la humanidad la poseerá jamás. [...] lo único que la humanidad tendrá siempre es una teoría imperfecta provisional que, a base de numerosos tanteos, vacilaciones y retrocesos, se encamina lentamente a esa forma ideal que sería una clasificación natural.³³

Duhem señala que el objetivo de una teoría física, aparte de ofrecer una representación de las leyes experimentales, es proporcionar una clasificación de

²⁹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 9, 21-24. Duhem se interesa por definir el objetivo de la física y distinguirlo del de la metafísica, sin embargo, esto no quiere decir que Duhem sostenga una posición anti-metafísica, por el contrario, aunque una teoría física es independiente de la metafísica, ésta busca acercarse al orden real. Mariano Artigas “E. Mach y P. Duhem: El significado filosófico de la historia de la ciencia”, en S. L. Jaki, C. Sánchez del Río, J. A. Janik, J.A. Gonzalo y M. Artigas, *Física y religión en perspectiva*, (Madrid: Rialp, 1991) p. 7.

³⁰ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 189.

³¹ En este caso, resulta claro que existe un error, que con mayor seguridad se deriva de la parte explicativa de la teoría. Ver Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 38-39.

³² Oscar Hernández, “El convencionalismo en Pierre Duhem y Henri Poincaré” *Revista Filosofía Univ. Costa Ric*, Vol. XL, No. 100 (2002), p. 60.

³³ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 396-397.

las mismas.³⁴ En primer lugar, “[...] la teoría sustituye un gran número de leyes que para nosotros son independientes entre sí, [...] por un reducido número de proposiciones, las hipótesis fundamentales.”³⁵, de modo que la teoría resulta ser una clasificación útil que condensa y simplifica una gran cantidad de datos proporcionándonos una “economía mental”, es un instrumento de clasificación de leyes experimentales que nos permite ordenar los conocimientos de acuerdo a sus relaciones deductivas:

Los conocimientos así clasificados se pueden utilizar de una manera cómoda y segura. [...] Gracias a la teoría, el físico encuentra con toda seguridad, sin omitir nada útil y sin utilizar nada superfluo, las leyes que le pueden servir para resolver determinado problema.³⁶

El valor de una teoría física para Duhem es en principio, ser un instrumento de clasificación que permita al investigador poner un orden en sus observaciones, y hacer nuevas relaciones entre las leyes que puedan ser útiles para resolver ciertos problemas. Y la historia de la ciencia parece constatar que cuanto más estructurada, simple y coherente resulta ser la ordenación de la teoría, corresponde a una mejor representación³⁷, lo cual nos hace tener la convicción de que este orden corresponde a una clasificación natural³⁸

Así pues la teoría física nunca nos proporciona la explicación de las leyes experimentales, nunca nos descubre las realidades que se ocultan tras las apariencias sensibles. Pero cuanto más se perfecciona, más presentimos que el orden lógico en el que clasifica las leyes experimentales es el reflejo de un orden ontológico; más sospechamos que las relaciones que establece entre los datos de la observación corresponden a relaciones entre las cosas; más adivinamos que tiende a ser una clasificación natural.³⁹

³⁴ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 237.

³⁵ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 24.

³⁶ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 28

³⁷ Marcos, “Pierre Duhem y el positivismo”, *Foro internacional sobre Positivismo y Ciencias Sociales*. (Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2003[citado el 21 de septiembre de 2012]) 12, disponible en www.fyl.uva.es/~wfilosof/webMarcos/#libros

³⁸ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p.30.

³⁹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 31.

Hasta aquí podemos ver un primer aspecto de la metodología de Duhem, que consiste en el análisis de la lógica de la teoría física desde sus objetivos y estructura hasta la relación de las leyes experimentales con los datos de la experiencia. El otro aspecto de su metodología se funda en el carácter histórico de la física, que lo lleva a tomar en cuenta el contexto en el que se desarrollan las teorías, la importancia del sentido común en el desarrollo teórico y la relación de la física con la metafísica.

Siguiendo el análisis de Alfredo Marcos, el aspecto lógico de la teoría física tiene como resultado un claro instrumentalismo de las teorías, mientras que con el aspecto histórico la física recobra su parte de realismo⁴⁰. Sin embargo, me parece que ya desde el análisis lógico, Duhem sienta las bases de un instrumentalismo que no rechaza a un realismo metafísico, y que incluso, tiene como objetivo el acercamiento a la verdad.

Las teorías físicas como instrumentos de clasificación finalmente se convierten en herramientas que permiten una aproximación de la ciencia al orden natural. Aunque Duhem es consciente de que el método científico no tiene la capacidad de constatar su correspondencia con la realidad por sí mismo⁴¹, resultaría absurdo elaborar teorías físicas que no creyéramos que tienen la posibilidad de aproximarse a lo real:

El orden con el que la teoría clasifica los resultados de la observación no halla su total justificación en sus características prácticas o estéticas; adivinamos además que es, o tiende a ser, una *clasificación natural*. En virtud de una analogía cuya naturaleza escapa a la física, pero cuya existencia se impone como cierta al espíritu del físico, adivinamos que corresponde a un cierto orden supereminente. En resumidas cuentas, el físico deberá reconocer que *sería irracional trabajar en pro del progreso de la teoría física si esta teoría no fuera el reflejo, cada vez más nítido y más preciso, de una metafísica; la creencia en un orden, que trasciende a la física, es la única razón de ser de la teoría física.*⁴²

⁴⁰ Marcos, "Pierre Duhem y el positivismo", p. 8.

⁴¹ La teoría física no tiene como propósito explicar la realidad como su fundamento a pesar de la dé por hecho; y el método científico tiene como propósito mostrar la relación entre las leyes físicas y los fenómenos y no la fundamentación metafísica de los mismos. Aun así, Duhem considera que elaborar una teoría física que no creyéramos que puede coincidir con el orden natural iría en contra del sentido común.

⁴² Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 441.

Aunque resulta evidente que Duhem sostiene una visión instrumentalista del valor de las teorías físicas, también es muy claro, como afirma Darling, que tiene en cuenta dos intuiciones realistas que guían la investigación del físico: en primer lugar que la física nos da un conocimiento sobre el mundo externo que intuimos en la relación entre la clasificación de las teorías y su constante perfeccionamiento, y el orden natural; y en segundo lugar que la investigación física tiene sentido porque intuimos que existe una realidad que puede ser representada por nuestras teorías.⁴³

Como he señalado, para Duhem, una teoría física por sí misma no tiene un alcance realista, sin embargo, las leyes científicas no son simples creaciones artificiales, ya que la física como clasificación lógica tiene sentido a medida que se acerca a una clasificación natural de modo que el convencionalismo e instrumentalismo de Duhem se reducen únicamente al terreno de la estructura lógica de las teorías físicas. El instrumentalismo de Duhem no implica la negación de la verdad como finalidad de la ciencia; finalmente las teorías aun siendo instrumentos tienden a un orden natural, a una realidad objetiva que el investigador apenas alcanza a intuir, pero que da sentido a su investigación.⁴⁴

A pesar de que la teoría a lo largo de su desarrollo sea una representación abstracta exenta de contradicciones lógicas internas, no basta esta coherencia lógica para que la teoría tenga un valor físico. La teoría será rechazada como falsa si sus conclusiones, producto de la deducción lógica, no coinciden con los hechos experimentales⁴⁵, de modo que podemos afirmar que el objetivo epistemológico de las teorías físicas como clasificación lógica es la aproximación (o al menos la intuición del acercamiento) al orden natural.

⁴³ Karen M. Darling, "Motivational Realism: The Natural Classification for Pierre Duhem", *Philosophy of Science*, Vol. 70, No. 5 (2003): pp.1133-1134.

⁴⁴ "La filosofía de la ciencia de Poincaré, conocida como convencionalismo, tiene mucha semejanza con la de Duhem. Pero ninguno de los dos propugnó un convencionalismo tan extremo como el de Édouard Le Roy (1870-1954), quien afirmaba que las leyes y las teorías científicas tenían un carácter convencional que hacía inútil cualquier verificación o control sobre ellas para comprobar su objetividad." Hernández, "El convencionalismo en Pierre Duhem y Henri Poincaré", p.53.

⁴⁵ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 271-272.

3. El método de la teoría física

3.1 La crítica de Duhem a la inducción

El método inductivo puede ser tomado en dos diferentes aspectos: como un método a partir del cual obtenemos los principios de nuestras teorías, o bien como método de justificación de los principios de la teoría. Respecto a la inducción como método para obtener principios físicos, Duhem niega la posibilidad de que las teorías surjan a partir de ella, puesto que siempre existe un marco teórico que da sentido a nuestras hipótesis, dicho de otro modo, el físico siempre parte de teorías previas para formular sus principios. Las nuevas teorías físicas surgen deductivamente porque se forman a partir de presupuestos teóricos que ya existen.

A partir de la crítica al método newtoniano, Duhem muestra que es prácticamente imposible sostener que “[...] en la buena física toda proposición ha de ser obtenida de los fenómenos y generalizada por inducción.”⁴⁶ En términos generales, Duhem explica que Newton no extrajo todas las leyes de la experiencia a partir de la inducción, lo cual supondría que las leyes resultantes fueron producto del análisis de supuestos aislados; muchos de los puntos de partida de su teoría no habían sido probados por la experiencia de manera concluyente, de modo que incluso Newton partió de ciertos supuestos no demostrados, es decir, de una serie de hipótesis que no habían sido verificadas pero que hasta cierto punto daba por hecho y dieron origen a su teoría.

Intentar separar cada una de las hipótesis de la física teórica de las otras suposiciones en las que se basa esta ciencia, a fin de someterla aisladamente al control de la observación, es perseguir una quimera, ya que la realización y la interpretación de cualquier experimento de física implican adhesión a todo un conjunto de proposiciones teóricas.⁴⁷

El método inductivo propuesto por Newton supone que de la observación pasamos directamente a la experimentación, repetición y después a la generalización; pero Duhem pone énfasis en la continuidad del conocimiento:

⁴⁶ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 251.

⁴⁷ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 263.

El único control experimental de la teoría física que no es ilógico es el que consiste en comparar todo el sistema de la teoría física con todo el conjunto de las leyes experimentales, y en juzgar si éste está representado por aquél de una manera satisfactoria.⁴⁸

El único momento en el que Duhem admite a la inducción como un método válido es en los experimentos de aplicación, que son aquellos en los que se pone en práctica la teoría:

Solamente a través de ellos la ciencia puede ayudar a la práctica, pero no es gracias a ellos que la ciencia se crea y se desarrolla.⁴⁹

De modo que la inducción para Duhem juega un papel en el ámbito de la justificación práctica de las teorías, aunque no tiene el lugar más importante en el método, ya que una instancia de la inducción que resulte inconsistente con la teoría no bastará para juzgarla falsa, puesto que es posible que el error esté en la interpretación de estos experimentos y no en la representación de las leyes. Por el contrario, los “experimentos de prueba” que son de naturaleza deductiva, son los que permiten desarrollar teorías y reconocer su exactitud.⁵⁰

La crítica a la inducción de Duhem nos muestra que la génesis de las teorías físicas no está simplemente en la observación y en la generalización, sino que una teoría física es el producto de un sistema holístico y sólo puede tener sentido en él. Una teoría es necesariamente deductiva puesto que es el único método que proporciona la estructura lógica en la que se entiende la continuidad y el progreso de la ciencia.

3.2 La importancia de la historia en la idea de progreso de la ciencia de Duhem

Como he mencionado Duhem se destacó principalmente por la agudeza de sus estudios sobre historia de la ciencia. Es evidente que el mismo análisis histórico, aparte del contexto científico en el que vivió, fue la principal fuente de evaluación para muchas de sus ideas filosóficas sobre la ciencia. A lo largo de *La*

⁴⁸ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 263.

⁴⁹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 242.

⁵⁰ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 242.

teoría física, Duhem se vale de numerosos ejemplos históricos para ilustrar sus propuestas metodológicas y sus críticas. Pero independientemente de sus ejemplos, deja claro que la historia de la ciencia es un continuo que nos permite rastrear y analizar el progreso de la ciencia,⁵¹ nos permite ver que la búsqueda de determinadas explicaciones ha fracasado, pero que gracias a estos fracasos y a los errores de las teorías, se han hecho grandes descubrimientos que muchas veces no eran objetivo de la investigación; de modo que, tanto la búsqueda de explicaciones, como los fallos en las mismas, han posibilitado el desarrollo de la ciencia.

Como he expuesto, una teoría física, de acuerdo con Duhem no surge de manera aislada, sino que el físico toma ciertos supuestos a partir de los cuales genera sus hipótesis; las nuevas teorías surgen con un marco teórico y se entienden necesariamente dentro de un sistema.

Si queremos lograr que un espíritu esté preparado para recibir una hipótesis física, el método legítimo, seguro y fecundo es el método histórico [...] describir la larga colaboración, gracias a la cual el sentido común y la lógica deductiva han analizado esta materia y modelado esta forma hasta adaptarse perfectamente una a la otra: éste es el mejor medio, es más, el único medio de dar a los estudiantes de física una idea correcta y una visión clara de la organización tan compleja y tan viva de esta ciencia.⁵²

El método histórico es lo que finalmente da sentido a su propuesta del método deductivo como el método característico de la física teórica, ya que una teoría tiene que iniciar con supuestos o resultados de otras teorías, las hipótesis no surgen sin un contexto teórico previo, las nuevas hipótesis que dan origen a una nueva teoría son el resultado de la deducción de enunciados que provienen de otras teorías físicas previas.

Explicar la historia de un principio físico es, al mismo tiempo, hacer su análisis lógico. La crítica de los procedimientos intelectuales que utiliza la física se vincula indisolublemente a la exposición de la evolución gradual mediante la

⁵¹ Anastasios Brenner "New perspectives on Pierre Duhem's The aim and structure of physical theory" en Anastasios Brenner, Paul Needham , David J. Stump, Robert Deltete, *Metascience* Vol. 20, (2011), p. 3.

⁵² Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 354.

que la deducción perfecciona la teoría, la convierte en una imagen cada vez más precisa y más ordenada de las leyes que revela la observación.⁵³

La historia se presenta al investigador como un sistema evolutivo y como una fuente realista en la que el físico puede rastrear los errores que se han cometido y las teorías que han ayudado al enriquecimiento de la física; en la historia de la física el investigador encuentra la razón para alejarse del dogmatismo y del escepticismo, ya que en ella se hace evidente el paulatino acercamiento al orden natural.⁵⁴

3.3 La distinción entre representación y explicación como elementos de las teorías, y las fuentes del error

Como he mencionado, el método más adecuado para describir cómo se construyen las teorías de acuerdo con Duhem, es el método deductivo; si bien es cierto que el desarrollo del conocimiento científico, también se debe a la parte inductiva de las teorías, la inducción únicamente contribuye en la medida que permite constatar la validez práctica de las teorías o bien las relaciones erróneas entre las teorías y los hechos.

[...] cuando los avances de la física experimental ponen de relieve los fallos de la teoría, cuando la obligan a modificarse y a transformarse, casi toda la parte puramente representativa pasa a la nueva teoría aportándole en herencia lo más valioso de la antigua teoría, mientras que la parte explicativa se derrumba y deja paso a otra explicación. Así gracias a una tradición continua, cada teoría física pasa a la siguiente parte de clasificación natural que ha podido construir [...] Esta tradición continua le asegura a la ciencia una vida y un progreso perpetuos.⁵⁵

De acuerdo con la cita anterior, Duhem hace una clara distinción entre las dos partes que componen a una teoría: la parte representativa, que consiste en la clasificación de las leyes experimentales, y la parte explicativa, que se refiere a la

⁵³ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 356.

⁵⁴ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 355-356.

⁵⁵ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 39.

coincidencia entre las leyes y los fenómenos empíricos. Sin duda, la fuerza de la teoría física está en la parte representativa, pues es el resultado de toda una tradición que avala al conjunto de leyes por el que se deduce la teoría; mientras que la parte explicativa es la introducción o relación artificial de ciertos fenómenos que el investigador pretende explicar sirviéndose de la representación; de tal modo que casi cualquier error que pueda surgir en la teoría es consecuencia de la parte explicativa.

[...] todo lo que la teoría tiene de falso, lo que va a contradecir los hechos se encuentra sobretodo en la parte explicativa; lo ha introducido en ella el físico. Guiado por el deseo de captar las realidades.⁵⁶

De acuerdo con Duhem, no es la búsqueda de explicaciones lo que resulta más significativo en el avance científico; en primer lugar, porque la parte representativa de la teoría es una clasificación lógica anterior a la explicación, por lo que los datos resultantes de la relación entre la representación y los fenómenos, al ser meramente artificial, muchas veces no bastarán para refutar o probar a la teoría; en segundo lugar, porque suponiendo que fuera la explicación aquello que motiva a la construcción de una representación de estos fenómenos, lo único que podemos constatar es que no hay una correspondencia entre los hechos en cuestión y la clasificación de leyes, pero esto no basta para refutar a la representación, pues puede ser que ésta corresponda con un orden natural y que los fenómenos que hayamos elegido no tengan una relación real con dicha representación.

Queda claro entonces, que para Duhem la principal fuente del error en las teorías está en la interpretación del experimento, en el vínculo entre los fenómenos elegidos y la representación teórica; es decir, en la decisión de relacionar una representación fundada en un conjunto de leyes, con una explicación deseada. Sin embargo, Duhem no descarta la posibilidad de que existan errores derivados de las representaciones, pero es en este caso que habrá grandes dificultades para encontrar el error, y aun sabiendo que existe un error, éste no bastará para rechazar contundentemente a la teoría; esto ocurre porque las consecuencias que pueden ser deducidas del conjunto de leyes experimentales

⁵⁶ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 39.

son ilimitadas; habrá consecuencias que se relacionen con los hechos y otras que expresen meras posibilidades,

Si representan exactamente las leyes experimentales que rigen estos hechos, el valor de la teoría se verá acrecentado y el ámbito en el que actúa tendrá leyes nuevas. Si por el contrario, entre estas consecuencias hay una que está claramente en desacuerdo con los hechos cuya ley debía representar, la teoría propuesta será modificada en mayor o menor grado, o tal vez totalmente rechazada.⁵⁷

Pero aún es necesario analizar cuál es el criterio de elección de hipótesis y refutación de teorías que se da en el progreso científico, tomando en cuenta que cualquier contradicción experimental afecta a todo el sistema teórico a pesar de que sólo sea una proposición o una parte del sistema la que pueda estar equivocada. Sin embargo, aun con el problema de no poder detectar el error en el sistema teórico, Duhem explica que existen dos vías para la elección de teorías, la primera es un criterio totalmente subjetivo que guía al investigador para la elección y modificación de hipótesis que es el sentido común, y la segunda está conformada por los criterios lógicos.

4. Examinación y refutación de teorías

4.1 La interpretación en el experimento y el holismo de las teorías físicas

Para Duhem el experimento no está exento de interpretación, por el contrario, en el proceso de probar y refutar teorías, existen varios momentos en los que la interpretación del científico juega un papel muy importante. En primer lugar, Duhem explica que cuando el científico obtiene resultados de sus observaciones no hace una simple descripción de los hechos concretos, sino que elabora juicios abstractos y simbólicos de las magnitudes relacionadas para probar las leyes experimentales en cuestión⁵⁸, estas abstracciones no son sino una interpretación de los hechos de acuerdo a una teoría:

⁵⁷ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 33.

⁵⁸ Para ilustrar lo anterior citaré un ejemplo del mismo Duhem: “Regnault estudia la compresibilidad de los gases. Toma cierta cantidad de gas, la encierra en un tubo de cristal,

Un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la INTERPRETACIÓN de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos concretos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que les corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador.⁵⁹

En segundo lugar, Duhem pone énfasis en que para realizar un experimento que pretenda demostrar un fenómeno en particular, el investigador aparte de tener en cuenta la proposición que pudiera ser errónea, admite de antemano una serie de teorías científicas que constituyen un marco teórico que el físico asume:

La previsión del fenómeno cuya no producción ha de zanjar el debate no deriva de la proposición cuestionada considerada aisladamente, sino de la proposición cuestionada unida a todo este conjunto de teorías. Si el fenómeno previsto no se produce, no es la proposición cuestionada la única que falla, sino todos los fundamentos teóricos que utiliza el físico.⁶⁰

De acuerdo a lo anterior, si una de las características elementales de la experimentación es la interpretación, y ésta está siempre constituida por un conjunto de teorías, el físico en realidad no puede someter a examen a una hipótesis aislada, cuando trata de hacerlo, necesariamente involucra a todo un sistema teórico que está relacionado con la hipótesis y que incluso la respalda. Por este motivo, Duhem considera que la ciencia física es un sistema “[...] un

mantiene la temperatura constante y mide la presión [...] entre las manos y ante los ojos de Regnault [...] se han producido unos hechos concretos ¿Es el relato de estos hechos lo que ha anotado Regnault para contribuir al avance de la física? No. En un visor Regnault ha visto la imagen de una determinada superficie de mercurio que aflora hasta alcanzar una cierta marca: ¿es esto lo que ha anotado en la relación de sus experimentos? No. Ha anotado que el gas ocupa un volumen de un determinado valor.[...] Pues bien, ¿qué es el valor del volumen ocupado por un gas, qué es el valor de la presión que soportan, qué es el grado de la temperatura que alcanza? ¿Son tres objetos concretos? No; son tres símbolos abstractos que solamente la teoría física es capaz de relacionar con los hechos realmente observados. Para llegar a la primera abstracción, el valor del volumen ocupado por un gas, y hacer que corresponda con el hecho observado, [...] ha sido necesario conocer de antemano muchísimos aspectos de física.” Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 191-192

⁵⁹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 193.

⁶⁰ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 243-244.

organismo del que no se puede hacer funcionar una parte sin que las partes más alejadas entren también en juego [...]”.⁶¹

4.2 El error en las teorías

Como he expuesto, Duhem afirma que el único criterio para saber si una teoría es satisfactoria está en la coincidencia entre los resultados obtenidos en la experimentación y las leyes que se pretenden probar; y considera que una “[...] ley física no es más que un resumen de una infinidad de experimentos [...]”⁶² pero esto no quiere decir que el físico empiece a experimentar y de pronto, de acuerdo a la repetición de cierto fenómeno, elabore una ley que resuma los resultados de los experimentos. Por el contrario, el científico tiene en mente una ley o un conjunto de leyes y los pone a prueba experimentando; el físico no puede entrar al laboratorio sin una teoría que probar, pues no podría darle sentido a sus experimentos.⁶³

Un físico discute una determinada ley, pone en duda un punto de la teoría [...] De la proposición discutida deducirá la previsión de un hecho experimental y dispondrá las condiciones en que este hecho ha de producirse. Si el hecho anunciado no se produce, la proposición que lo había predicho será irremediabilmente condenada.⁶⁴

Sin embargo, Duhem explica que lo único que podemos saber con un experimento que ponga en evidencia un error en la teoría, es justamente que existe un error, pero no nos arroja luz sobre la parte de la teoría que está mal.

Lo único que nos enseña el experimento es que, entre todas las proposiciones que han servido para prever este fenómeno y para constatar que no se producía, hay al menos un error: pero lo que no nos dice es dónde está el error. ¿El físico declara que este error precisamente está contenido en la proposición que quería refutar y no en otra parte? Esto significa que admite

⁶¹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 247.

⁶² Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 189.

⁶³ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 240

⁶⁴ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, 242.

implícitamente la exactitud de todas las otras proposiciones que ha utilizado. Tanto valor tiene esta confianza como su conclusión.⁶⁵

Siguiendo el comentario de Ambrosio Velasco, en esta cita se encuentran los argumentos de Duhem para afirmar la subdeterminación empírica; el primer argumento sería que no podemos saber en dónde se encuentra el error debido a la constitución lógica de carácter holista de las teorías⁶⁶, y el segundo argumento explica que si el físico pretende haber encontrado el error, entonces estaría dando por hecho que las otras proposiciones son verdaderas, por lo que la verdad de los enunciados observacionales dependería de estas partes de la teoría que aceptamos sin cuestionar “Con estos dos argumentos Duhem sostiene, de manera contundente [...] la imposibilidad de refutar teorías de manera concluyente.”⁶⁷.

Para poder distinguir una hipótesis falsa, tendríamos que poner a prueba no sólo esta proposición, sino también a cada una de las hipótesis auxiliares que conforman el sistema teórico, ya que el error podría deberse a la falsedad de alguna de estas proposiciones o a la relación de las mismas; sin embargo, no podemos identificar con certeza cuál es la génesis del error, ya que la relación deductiva de las proposiciones que integran al sistema teórico impide que podamos identificar a un sólo enunciado falso. Por otro lado, afirmar que el error en una teoría se encuentra en una de las hipótesis, implica afirmar que las otras proposiciones son verdaderas, lo cual también es imposible si tomamos en cuenta que esta hipótesis es el resultado de la deducción de otros enunciados.

Es necesario aclarar, que si bien es cierto que de acuerdo con Duhem no podemos estar seguros de cuál es la parte falsa que compromete a la teoría, también es verdad que el investigador, aun con las dificultades expuestas, puede sospechar que las leyes experimentales no son el reflejo de los hechos, y en este

⁶⁵ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 244.

⁶⁶ Ambrosio Velasco, “La racionalidad científica en Duhem y Popper: buen sentido o reglas metodológicas”, en *Alcances y límites de la racionalidad del conocimiento*, comp. Teresa Santiago, (México:Signos, 2000), p. 42.

⁶⁷ Ambrosio Velasco, “La racionalidad científica en Duhem y Popper: buen sentido o reglas metodológicas”, p. 42.

caso, “[...] pensaremos que esta teoría debe esperar de una ley nueva más bien un desmentido que una confirmación.”⁶⁸

4.3 La imposibilidad del experimento crucial en física

Para Duhem un experimento crucial funciona como una inducción eliminativa:⁶⁹ se enumeran las hipótesis que podrían explicar a un fenómeno y por medio de la contradicción experimental se eliminan todas las hipótesis menos una. La hipótesis que nos queda será considerada como una certeza,⁷⁰ o simplemente como la mejor explicación.

Si tenemos dos enunciados contradictorios y uno de ellos es verdadero el otro será necesariamente falso. Si bien entre dos enunciados que forman parte de una teoría en física podríamos descartar un enunciado por contradicción, es verdad que al nivel de las teorías no ocurre lo mismo puesto que su estructura lógica es más compleja que la mera comparación entre dos enunciados; las teorías que se debaten el éxito de encontrar una representación adecuada para ciertos fenómenos empíricos no suelen ser completamente contradictorias: si buscan teorizar los mismos fenómenos, seguramente comparten ciertos presupuestos aunque difieran en las hipótesis que relacionan. Por otro lado, como advierte Duhem,

La contradicción experimental no tiene, como la reducción al absurdo utilizada por los geómetras, la capacidad de transformar una hipótesis física en una verdad incontestable. Para hacerlo, sería necesario proceder a una enumeración completa de las distintas hipótesis a las que puede dar lugar un grupo determinado de fenómenos. Ahora bien, el físico nunca está seguro de haber agotado todas las suposiciones imaginables; la verdad de una teoría física nunca se decide a cara o cruz.⁷¹

⁶⁸ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 33.

⁶⁹ Marcel Weber, “The Crux of Crucial Experiments: Duhem’s Problems and Inference to the Best Explanation” *British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 60 No. 1 (Marzo 2009), p. 21.

⁷⁰ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 248.

⁷¹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 250.

Tomaré un ejemplo que pone Duhem para mostrar cómo funciona un experimento crucial. De acuerdo con la teoría de Huygens la luz es una onda, mientras que de acuerdo con la óptica de Newton la luz es un cuerpo. Si sometemos estas teorías a un experimento crucial, basta probar la falsedad o la verdad de una de ellas para que la otra quede descartada. Con el experimento que Foucault realizó en 1850 se prueba que la luz no es un cuerpo ⁷², de modo que la teoría de Newton quedó refutada y la de Huygens queda probada por el simple hecho de haber descartado a la otra teoría existente “[...] el experimento crucial la ha convertido en un nuevo mandamiento del Credo científico.”⁷³

El ejemplo anterior ilustra el proceso de verificación a partir de una prueba crucial; sin embargo, con la crítica a los experimentos cruciales, Duhem nos señala dos problemas fundamentales de este método:

1) Un experimento no basta para declarar falsa a una hipótesis⁷⁴ puesto que el científico no sólo está optando por una de las hipótesis y rechazando a la otra, sino que está decidiendo entre dos sistemas teóricos.

Todas las hipótesis dependen de otros enunciados o hipótesis auxiliares, de tal modo que falsar a una de las hipótesis no nos garantiza que la hipótesis en cuestión contenga en sí misma el error que está haciendo fallar a la teoría. Si cada hipótesis es el resultado de la deducción de otras hipótesis, entonces tenemos que considerar al sistema de hipótesis en su conjunto: no se pueden falsar hipótesis de manera aislada, de modo que no podemos refutar hipótesis por *Modus Tollens*⁷⁵.

⁷² Daniel Malacara, *Óptica básica*, (México: FCE, 2004), 298. Y Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 249.

⁷³ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, 249. Sin embargo, en 1905 Einstein probó que la luz se comportaba como partícula y como onda y en la actualidad se sigue especulando sobre la naturaleza de la luz. Este es un claro ejemplo de que en la física no podemos obtener refutaciones o verificaciones concluyentes a partir de los experimentos cruciales. Y Joanne Baker, *50 cosas que hay que saber sobre física*, trad. Blanca Rivera de Madariaga, (Barcelona: Ariel, 2010), pp. 96-98.

⁷⁴ Hernández, “El convencionalismo en Pierre Duhem y Henri Poincaré”, p. 54.

⁷⁵ A partir de la exposición de este problema también podemos inferir otra dificultad en la deducción de hipótesis: si todas las hipótesis están sustentadas por otras hipótesis auxiliares, debe haber una serie de hipótesis auxiliares no probadas, es decir, que no surgen de la deducción de hipótesis anteriores porque no las hay.

2) De la falsedad de una de las hipótesis no se sigue la necesidad de que otra hipótesis o teoría sea verdadera, pueden existir otras hipótesis que también tendríamos que someter a prueba, y aun sometiendo a todas las hipótesis posibles, la hipótesis ganadora tendría que demostrar su absoluta certeza por sí misma⁷⁶.

Por lo anterior, una teoría no refuta a la otra por el hecho de mostrar errores en sus premisas, podría ser que aquella en la que encontramos el error pueda ser corregida y resulte más satisfactoria que aquella que habíamos dado por verdadera. Por otro lado, las teorías no pueden ser refutadas empíricamente porque no pueden ser contrastadas directamente por la experiencia, los datos de nuestros experimentos nos muestran que existe un error y este error compromete a todo el sistema teórico, pero no podemos saber si éste se encuentra en la conjunción de ciertas hipótesis o simplemente en una de las hipótesis de la teoría.

Una teoría refutada no puede ser descartada para siempre⁷⁷. Para Duhem no hay refutaciones concluyentes porque siempre existen conocimientos previos o teorías que al interpretar la nueva teoría propuesta, den cuenta de los errores de la misma a la luz de sus propias interpretaciones y la refuten, sin embargo, es posible que la teoría nueva en otro contexto, o después de hacer algunas correcciones en su estructura pueda resultar satisfactoria. La refutación de una teoría depende de que los datos empíricos no concuerden con las leyes experimentales, sin embargo esta refutación, del mismo modo que la verificación de una teoría, no puede ser concluyente ya que la teoría física, aunque intenta acercarse al orden natural, no coincide exactamente con la realidad, es sólo una representación. Aparte los resultados experimentales pueden ser igualmente representados por diferentes teorías,

Entre el hecho teórico, preciso y riguroso, y el hecho práctico de límites vagos e imprecisos, como todo lo que nos revelan nuestras percepciones, no puede haber correspondencia. De ahí que un mismo hecho práctico pueda corresponder a una infinidad de hechos teóricos⁷⁸.

⁷⁶ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, pp. 248-250. El método inductivo de Newton sugiere esta posibilidad de demostración, sin embargo, como hemos explicado Duhem muestra que no es posible.

⁷⁷ Roger Ariew, "The Duhem Thesis", *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 35, No. 4 (Diciembre, 1984), pp. 321-322.

⁷⁸ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 200.

Pero entonces, ¿cómo podemos saber cuál de nuestras teorías se acerca más al orden natural? La verificación y la falsación no bastan como criterio para elegir o refutar teorías. Sin embargo, el sentido común permite al investigador optar por alguna de las teorías que intentan explicar al mismo fenómeno.

4.4 El sentido común como criterio de selección de hipótesis

Mientras los físicos comparen el sistema de representaciones teóricas y el sistema de datos de observación (sin hacer comparaciones aisladas), y sigan las condiciones lógicas básicas de las que una teoría física no puede prescindir⁷⁹, prácticamente pueden construir sus teorías como mejor les convenga. Pero si bien la lógica es un elemento indispensable para la construcción coherente de un sistema de leyes físicas, ésta no es suficiente para desarrollar una teoría o afirmar su certeza.

No basta tener un conjunto de leyes experimentales para que éstas sugieran una hipótesis específica al investigador. Cuando el físico elabora una hipótesis tiene en cuenta los estudios anteriores que ha hecho, sus conocimientos históricos sobre la ciencia y los resultados que otros científicos han obtenido⁸⁰; finalmente el físico es un ser humano con prejuicios, sentimientos e ideas que ha asentido como creencias verdaderas y está inmerso en una cultura que hasta cierto punto lo condiciona. Las hipótesis no surgen de la nada: “El físico no elige las hipótesis en las que basará su teoría, sino que germinan en él, sin él.”⁸¹ Las hipótesis son el producto de los conocimientos previos teóricos, del sentido lógico con el que el físico relaciona las leyes experimentales, pero también son producto de una elección del *sentido común* que ha resultado de su experiencia.

Por otro lado puede haber dos o más sistemas teóricos que representen al mismo fenómeno y que en sentido lógico sean igualmente satisfactorios. ¿Cómo podemos elegir de entre las teorías o sistemas cuál es el mejor? O por ejemplo, si

⁷⁹ Que una hipótesis no sea contradictoria en sí misma, que las diferentes hipótesis no supongan contradicción mutua; y por último, que de este conjunto de hipótesis se puedan deducir las consecuencias que representen de la manera más aproximada al conjunto de leyes experimentales. Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 291.

⁸⁰ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 344.

⁸¹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 333.

se detecta un error en la teoría, ¿cómo podemos saber qué parte de ella modificar? Puesto que es imposible saber con certeza qué parte de la teoría es la que está provocando la contradicción entre los datos arrojados por la experiencia y las leyes experimentales, únicamente a partir del sentido común el investigador puede decidir cuál de estas teorías resulta ser más adecuada o intuir en qué parte del sistema se encuentra el defecto:

[...] que sea la sagacidad del físico la que busque el fallo que convierte en defectuoso todo el sistema. Ningún principio absoluto guía esta búsqueda, que diferentes físicos pueden llevar a cabo de maneras muy distintas, sin tener derecho a acusarse recíprocamente de falta de lógica.[...] Los métodos que siguen sólo dependen de la experiencia y, si ambos consiguen satisfacer las exigencias de la experiencia, a ambos les está *lógicamente* permitido declararse satisfechos de la obra realizada. ⁸²

A excepción de los criterios lógicos básicos para construir una teoría, Duhem le da mucho peso a la creatividad y la libertad metodológica del científico. Si bien la lógica juega un papel sumamente importante en la formación de teorías físicas, es evidente que en la elección y en la refutación es más importante y en última instancia más determinante el sentido común.

⁸² Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 285.

II. Consideraciones de Popper sobre la filosofía de Duhem

*No puede haber mejor destino para una teoría que el de señalar el camino hacia otra teoría más vasta, dentro de la cual viva la primera como caso límite.*⁸³

Albert Einstein.

1. Introducción

En el capítulo anterior analicé la naturaleza y el papel de las de las teorías científicas, y la posibilidad de probarlas de acuerdo con el pensamiento de Duhem. En dicho análisis podemos encontrar diversas nociones y problemas, ya sea de manera explícita o implícita, cuya discusión formó parte importante de la agenda de la filosofía de la ciencia alemana y anglosajona de inicios del siglo XX.

En primer lugar debemos considerar la discusión sobre la naturaleza de las teorías científicas, aunque existen diversas posturas en el marco de la filosofía de la ciencia del siglo XX, me concentraré en describir en términos generales las características del instrumentalismo, el convencionalismo y el realismo.

El instrumentalismo sostiene que las teorías son herramientas que sirven para calcular y predecir fenómenos; esta posición no se interesa por la realidad o por la verdad puesto que dichas nociones las ubica en el campo de la metafísica. En términos generales, la interpretación instrumentalista implica que las teorías científicas no tienen un valor de verdad o falsedad, únicamente pueden considerarse como eficientes o ineficientes, de modo que el valor de la ciencia para los instrumentalistas está en que las predicciones de las teorías sean útiles para determinados fines⁸⁴.

El convencionalismo, a diferencia de la interpretación instrumentalista, mantiene una opinión “agnóstica” al con respecto a la realidad, y sostiene una

⁸³ Esta cita es atribuida a Albert Einstein en Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p.56.

Desafortunadamente no he encontrado la cita en los textos de Einstein.

⁸⁴ John Worrall, “Scientific Realism and Scientific Change”, *The Philosophical Quarterly*, Vol. 32, No. 128 (Julio 1982), p. 201.

noción de verdad por coherencia⁸⁵. Para esta postura, las teorías científicas son convenciones que se proponen para calcular ciertas observaciones, de modo que el científico hace deducciones a partir de una teoría y las compara con las observaciones; si éstas no cuadran con las predicciones, sustituye a las convenciones iniciales a fin de que los datos observacionales concuerden con la teoría. Es necesario señalar, que el convencionalismo no implica la negación de un realismo metafísico, sin embargo, a una teoría convencionalista le basta la coherencia entre la teoría y los hechos que las sustentan y en esto reside la posible verdad o falsedad de la teoría en cuestión.

En términos generales, el realismo advierte que el objetivo de la ciencia es brindar una descripción verdadera del mundo, y este objetivo es posible porque afirma que existe una realidad objetiva. Siguiendo a la posición realista, es posible afirmar que una teoría es verdadera o falsa de acuerdo con su correspondencia con los hechos⁸⁶.

En segundo lugar, también en el contexto de inicios del siglo XX, se plantea la cuestión sobre la inducción o la deducción como el método propio de la ciencia, esta discusión gira en torno al problema de cómo surgen o se forman las teorías de la ciencia, y principalmente al problema de cuál es método más adecuado para justificar las teorías científicas y sus resultados.

Por un lado, los partidarios de la inducción como método de la ciencia, afirman que el conocimiento científico inicia y se construye a partir de la observación, y a partir de la generalización de estas observaciones obtenemos enunciados universales. Y en cuanto al problema de la justificación del conocimiento científico, el método inductivo consiste en verificar los enunciados universales a partir de los hechos particulares que corroboren al enunciado en cuestión. En general, los miembros del Círculo de Viena, sostenían que la verificación era el método que caracterizaba a la ciencia y que puede otorgar un criterio de justificación a nuestros conocimientos; si bien el método inductivo no puede garantizar certeza, puesto que resulta imposible probar todas las instancias particulares de un enunciado universal, los resultados positivos de los

⁸⁵ J.O. Wisdom, "Four Contemporary Interpretations of the Nature of Science", *Foundations of Physics*, Vol. 1, No. 3 (1971), p. 273.

⁸⁶ Samir Okasha, *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*. (Nueva York: Oxford University Press, 2005), p. 58.

experimentos nos permiten justificar una teoría por la probabilidad que expresan sus resultados.

Por otro lado, en oposición al método verificacionista del positivismo lógico, Karl Popper, propuso el método hipotético-deductivo, que presupone que el conocimiento científico inicia a partir de hipótesis de las cuales se deducen enunciados que deberán ser examinados. El método de justificación teórica a partir de la deducción, que propondrá Popper es la falsación: en lugar de buscar la verificación de los enunciados universales, se debe buscar el contraejemplo que podría refutar a la teoría propuesta a partir del *modus tollens*.

La filosofía de la ciencia de Popper, surge como una oposición al criterio de demarcación propuesto por el positivismo lógico. Para este filósofo, el método característico de la ciencia consiste en la búsqueda del error en las teorías científicas con el fin de ponerlas a prueba: si la teoría no resiste al examen quedará refutada, y en el caso contrario la teoría quedará corroborada al menos hasta que sea sometida a un nuevo examen que la refute.

De acuerdo con Popper, la ciencia progresa a partir de conjeturas y refutaciones, y este proceso garantiza que la ciencia cumpla con su objetivo: la búsqueda de la verdad⁸⁷. De modo que Popper se opone a la interpretación instrumentalista de la ciencia al afirmar que la finalidad de la ciencia es el acercamiento a la verdad, es decir, el objetivo de las teorías científicas es ofrecer una descripción del mundo cada vez más cercana a la realidad; e insiste en que esta realidad es un criterio objetivo con el que podemos contrastar nuestras investigaciones. El criterio de refutación que Popper propone implica que bastan los hechos para falsar nuestras hipótesis y también para medir el aumento de la verosimilitud de una teoría; de modo que las teorías científicas tienen un valor de verdad.

Por otro lado, Popper se declara anticonvencionalista, ya que en el marco del convencionalismo no es posible la refutación: puesto que siempre existe la

⁸⁷ Karl Popper, *En busca de un mundo mejor*, trad. Jorge Vigil Rubio, (Barcelona: Paidós, 1996), p. 19.

posibilidad de introducir hipótesis *ad hoc* para salvar a las teorías, no es posible hacer la distinción entre teorías falsables y no falsables.⁸⁸

En este capítulo, mi objetivo es analizar la forma en la que Popper interpreta las ideas de Duhem sobre la naturaleza de las teorías y su poder probatorio. Esto ayudará a establecer puntos de convergencia o de desacuerdo respecto a la función de las teorías científicas entre Duhem y Popper. En primer lugar, analizaré la interpretación de Popper del convencionalismo e instrumentalismo de Duhem y posteriormente, las diferencias y similitudes respecto al método inductivo y deductivo en ambos filósofos siguiendo los textos de Popper.

2. La concepción de Popper sobre la idea de ciencia en Duhem

En el prefacio a la edición inglesa de *La lógica de la investigación científica*⁸⁹, Popper plantea dos tesis sobre la filosofía: la primera es que no hay un único método para el trabajo filosófico, y la segunda y más importante es que el problema central de la epistemología es el del desarrollo o aumento del conocimiento. Este problema se refiere a cómo va cambiando y creciendo nuestro conocimiento sobre el mundo y de qué forma vamos adquiriendo nuevas y mejores explicaciones que nos acerquen a la verdad.

Popper propone centrarse en el aumento de conocimiento en contra de la posición justificacionista que sostiene que toda creencia debe tener una razón o fundamento: si como afirma Popper, todo conocimiento es conjetural y falible, no tiene sentido buscar su fundamento o justificación, más bien vale la pena estudiar cómo progresa el conocimiento a partir de las nuevas conjeturas y la discusión crítica que éstas suscitan⁹⁰, en los errores que pueden surgir entre nuestras hipótesis y su confrontación con el mundo, y en la forma en la que combatimos estos errores y con ello buscamos la verdad⁹¹. Aunque Popper se muestra

⁸⁸ Karl Popper, *La lógica de la investigación científica*, trad. Víctor Sánchez de Zavala (Madrid: Tecnos, 1977), p. 78.

⁸⁹ Popper, "Prefacio de la edición inglesa (1958)" en *La lógica de la investigación científica*, p. 16.

⁹⁰ Popper, Karl, *Realismo y el objetivo de la ciencia. Post Scriptum a La lógica de la investigación científica*. Ed. W.W. Bartley III, Trad. Marta Sansigre Vidal, (Madrid: Tecnos, 2011), pp. 61-62.

⁹¹ Karl Popper, *En busca de un mundo mejor*. trad. Jorge Vigil Rubio, (Barcelona: Paidós, 1994), p. 18.

interesado en el conocimiento en general afirma que “[...] la mejor manera de estudiar el aumento de conocimiento [ordinario] es estudiando el aumento de conocimiento científico.”⁹². El conocimiento científico se da a partir del ordinario, sin embargo, limitarse al análisis del conocimiento ordinario implica olvidarse de los problemas epistemológicos de la ciencia; por otra parte, asegura que los problemas importantes en el ámbito del conocimiento común pertenecen al estudio del conocimiento científico y es en este último en el que podemos observar el progreso o aumento de nuestro conocimiento sobre el mundo⁹³.

Popper señala dos grupos de filósofos que han puesto su atención en el conocimiento científico para hacer epistemología. En el primero se encuentran los que se centran en el análisis del lenguaje de la ciencia construyendo modelos artificiales especializados, que para Popper, no resultan eficaces o aplicables a la práctica científica⁹⁴. En el segundo grupo se encuentran aquellos que se preocupan por resolver problemas más que por hacer epistemología siguiendo un método de manera dogmática, tomando en cuenta las discusiones sobre los problemas y la historia de la ciencia:

[...] no se entregan por anticipado a ningún método filosófico [...] utilizan el análisis de problemas científicos, de las teorías, de los procedimientos y, lo que es más importante, de las discusiones científicas. [...] sus representantes más ilustres en los últimos doscientos años han sido Kant, Whewell, Mill, Peirce, Duhem, Poincaré, Meyerson, Russell - y en alguna de sus fases- Whitehead [...]. La mayoría de este grupo podría estar de acuerdo con la idea de que el conocimiento científico es el resultado del aumento del conocimiento de sentido común. Pero todos ellos descubrieron que el conocimiento científico puede ser estudiado de modo más fácil que el conocimiento de sentido común, pues es algo así como el *conocimiento de sentido común, en grande*; sus problemas son los de éste, pero ampliados -por ejemplo, sustituye[n] el problema de Hume de la «creencia razonable» por el de las razones para aceptar o rechazar las teorías científicas [...]⁹⁵

⁹² Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 15.

⁹³ Karl Popper, *En busca de un mundo mejor*, p. 73.

⁹⁴ Popper se refiere principalmente a Wittgenstein y en general a los miembros del Círculo de Viena.

⁹⁵ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 22.

Popper ubica en este último grupo a Duhem porque considera que al igual que él, pone principal atención al progreso del conocimiento científico⁹⁶. Sin embargo, Popper señala una importante diferencia: mientras que él pone énfasis en su posición empirista respecto a las teorías y leyes naturales, advierte que el convencionalismo de Duhem resulta ser contrario a su empirismo⁹⁷, a la vez que relaciona esta interpretación convencionalista de la filosofía de Duhem con una posición instrumentalista. Esta caracterización sitúa a la filosofía de Duhem en la discusión sobre realismo y antirrealismo en la filosofía de la ciencia⁹⁸.

2.1 El convencionalismo de Duhem según Popper

Popper considera a Duhem como uno de los principales representantes del convencionalismo⁹⁹. En *La lógica de la investigación científica* explica que los convencionalistas sostienen que las teorías se forman a partir de definiciones implícitas, de modo que las leyes de la naturaleza

[...] son libres creaciones [...], invenciones, decisiones arbitrarias y convenciones nuestras [...] la ciencia natural teórica no es una imagen de la Naturaleza sino una mera construcción lógica; y no son las propiedades del mundo las que determinan esta construcción, sino que -por el contrario- precisamente es ésta la que determina las propiedades de un mundo artificial, un mundo de conceptos definidos implícitamente por las leyes naturales que hemos elegido.¹⁰⁰

Las teorías científicas desde el punto de vista convencionalista son representaciones de la naturaleza construidas a partir de leyes inventadas por

⁹⁶ Como Brenner señala, el principal objetivo de Duhem es estudiar el conocimiento científico. En *La teoría física, su objeto y su estructura* Duhem se centra en el análisis del conocimiento científico, poniendo especial énfasis en la historia de la ciencia y en el análisis lógico de las teorías y su estructura. Anastasios Brenner, "New perspectives on Pierre Duhem's The aim and structure of physical theory" *Metascience*, Vol. 20, (2011): 1.

⁹⁷ Popper, Karl, *Los dos problemas fundamentales de la epistemología. Basado en Manuscritos de los años 1930-1933*, trad. Ma. Asunción Albisu Aparicio, (Madrid: Tecnos, 2007), 257.

⁹⁸ Karen M. Darling, "Motivational Realism: The Natural Classification for Pierre Duhem", *Philosophy of Science*, Vol. 70, No. 5 (2003): 1126.

⁹⁹ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 75n.

¹⁰⁰ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 76.

nosotros¹⁰¹, y no a partir de datos empíricos, razón por la que Popper encuentra al convencionalismo como una postura opuesta al realismo que sostiene; de modo que la filosofía de la ciencia de Duhem, de acuerdo al análisis de Popper, es antirrealista¹⁰².

Popper explica que los sistemas axiomáticos se pueden interpretar de dos formas: la primera interpretación considera a los axiomas como convenciones y la segunda, que es la manera en la que Popper interpreta a dichos sistemas, toma a los axiomas como hipótesis científicas que dicen algo sobre la realidad. El sistema convencionalista, al estar constituido por definiciones implícitas, obtendrá resultados analíticos, ya que sus axiomas determinan si sus resultados serán admisibles o no de acuerdo a lo estipulado en los axiomas mismos “Por consiguiente, un sistema axiomático interpretado de este modo no puede considerarse como un sistema de hipótesis empíricas [...] ya que no puede ser refutado por falsación de sus consecuencias, pues también éstas han de ser analíticas.”¹⁰³

En términos generales, el problema que Popper ve en el convencionalismo¹⁰⁴ es que las teorías y leyes naturales conforman un sistema autojustificable (en el que la teoría justifica a las leyes y las leyes a la teoría) por lo

¹⁰¹ Popper, Karl, *Los dos problemas fundamentales de la epistemología*, p. 257.

¹⁰² Needham afirma que Duhem es un “realista moderado”, en contra de la interpretación antirrealista, que como señala el mismo autor es la opinión más común. Paul Needham “New perspectives on Pierre Duhem’s The aim and structure of physical theory” *Metascience*, Vol. 20, (2011): 7. De acuerdo con Darling, la caracterización de la filosofía de Duhem como realista o antirrealista, no es más que un problema de interpretación. La misma autora interpreta la posición de Duhem como un “realismo motivacional” y señala que otros investigadores la interpretan como una forma de instrumentalismo calificado o mitigado; o como un realismo semántico, de sentido común o convergente. Darling, “Motivational Realism...”, p. 1126.

¹⁰³ Popper, *La lógica de la investigación científica*, pp. 70-71 El sistema de axiomas que propone Popper es un sistema de hipótesis empíricas, en el que los enunciados son sintéticos. Esta característica es la que permite que el sistema pueda ser falsado, sin embargo, el mismo Popper explica que la principal distinción de estas dos interpretaciones se encuentra en la metodología “El único modo de eludir el convencionalismo es tomar una *decisión*: la de no aplicar sus métodos.” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 78.

¹⁰⁴ Es importante aclarar que Popper hace estas reflexiones sobre qué es convencionalismo sin referirse directamente al convencionalismo de Duhem, más bien habla de la postura convencionalista de varios filósofos: “Los principales representantes de esta escuela son Poincaré y Duhem [...] recientemente se ha unido a ella H. Dingler [...] El principal representante del convencionalismo en el mundo de habla inglesa es Eddington.” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 75n.

que no es posible ni necesario falsar las leyes naturales por medio de la observación, puesto que estas leyes determinan qué es una observación o una medición científica. Si un sistema teórico no concuerda con las observaciones, entonces el convencionalista admitirá hipótesis *ad hoc* o hará algunos cambios en sus instrumentos de medición a fin de que la teoría concuerde con los resultados¹⁰⁵, de modo que una teoría o sistema teórico convencionalista no puede ser refutado.

Aunque Popper reconoce que el convencionalismo tiene el mérito de explicar las relaciones entre teoría y experiencia, y de subrayar la importancia de la deducción en la realización e interpretación de los experimentos científicos, la teoría popperiana y el convencionalismo resultan ser incompatibles: “Mientras que yo no pido a la ciencia ninguna certidumbre definitiva (y, en consecuencia, no la encuentro), el convencionalista busca en ella «un sistema de conocimientos apoyado en razones últimas» [...]”¹⁰⁶. Popper sostiene que la ciencia parte de conjeturas refutables que no sabemos si son verdaderas, pero puesto que pueden ser verdaderas, tienen como objetivo aproximarse a la verdad; mientras que la visión convencionalista de la ciencia adopta una posición coherentista¹⁰⁷ en la que una convención no es verdadera ni falsa, pero tiene sentido y es sostenible cuando conforma un patrón de observaciones a partir de las cuales se pueden hacer ciertas predicciones.

2.2 El instrumentalismo de Duhem según Popper

Aparte de que Popper sostiene que la posición de Duhem es convencionalista, afirma que ésta posición va de la mano con una visión instrumentalista de las teorías científicas:

Una doctrina relacionada de algún modo con el instrumentalismo es el convencionalismo de Poincaré y Duhem que ve en las teorías científicas unas

¹⁰⁵ Popper, *La lógica de la investigación científica*, pp. 76-77.

¹⁰⁶ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 77.

¹⁰⁷ J.O. Wisdom, “Four Contemporary Interpretations of the Nature of Science”, p. 273.

convenciones útiles más que conjeturas que deben ser contrastadas por la experiencia.¹⁰⁸

Mientras que Popper afirma que las teorías son *auténticas conjeturas sobre el mundo*¹⁰⁹, entiende al convencionalismo e instrumentalismo como doctrinas que afirman que las teorías son meras representaciones que sirven para explicar determinados hechos, el problema es que el que estas representaciones correspondan a la verdad no tiene mayor importancia: para el convencionalista una buena teoría es aquella que se basa en leyes que se han establecido como verdaderas de forma convencional y no en correspondencia con la realidad, mientras que para el instrumentalista una buena teoría es un patrón construido a partir de ciertas observaciones que sirve como herramienta para predecir fenómenos similares, y considera que una teoría es mejor en tanto que es más útil sin tener en cuenta la noción de verdad.

Para el instrumentalista, el objetivo de la ciencia resulta ser incompatible con el racionalismo crítico popperiano que tiene como objetivo la búsqueda de la verdad. Popper afirma que nuestras teorías y conjeturas son sobre el mundo real y no una simple invención humana, y es por eso que la ciencia aspira a la verdad, y en suma, las teorías sí dicen algo sobre la realidad: “*El científico aspira a hallar una teoría o descripción verdadera del mundo (y especialmente de sus regularidades o ‘leyes’) que sea también una explicación de los hechos observables. (Esto significa que debe ser deducible una descripción de tales hechos a partir de la teoría y ciertos enunciados que expresen las llamadas ‘condiciones iniciales’).*”¹¹⁰

¹⁰⁸ Popper, Karl, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 152. Para la explicación de la historia del convencionalismo ver Popper, Karl, *Conjeturas y refutaciones*, trad. Nestor Miguez, (Barcelona: Paidós, 1972), pp. 130-133.

¹⁰⁹ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, pp. 151-152. Una característica que Popper asigna a la conjetura es precisamente que pretende describir la realidad, si describe a la realidad es verdadera, si no la describe es falsa.

¹¹⁰ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 137. Popper adopta la teoría de la verdad de Tarski relacionándola con su posición falibilista. Sustituye la noción de “verdad” por la de “correspondencia con los hechos”; esta nueva noción permite a Popper garantizar un conocimiento objetivo de la realidad gracias al metalenguaje que se establece entre los enunciados y la realidad; aunque, como advierte Martínez, hace un uso *sui generis* de la propuesta Tarskiana. Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, pp. 174-175; para Popper esta noción de verdad asegura la posibilidad de conocer objetivamente la realidad, no garantiza

Popper comparte con los instrumentalistas la afirmación de que las teorías no pueden garantizar sus predicciones, pero la razón de esto para él no es que las teorías sean instrumentos, sino la dificultad o imposibilidad de examinarlas de modo exhaustivo¹¹¹. Tanto el instrumentalismo como la filosofía popperiana insisten en que no podemos llegar a explicaciones últimas basadas en esencias:

[...] desde Berkeley hasta Mach, Duhem y Poincaré [...] afirman que la explicación no es un objetivo de la ciencia física, ya que ésta no puede revelar 'las esencias ocultas de las cosas' [...] Duhem dice, al parecer, (según lineamientos que recuerdan a Kant) que hay esencias, pero son inhallables por la ciencia humana (aunque podemos de algún modo, desplazarnos hacia ellas); como Berkeley, cree que pueden ser reveladas por la religión.¹¹²

Para estos filósofos, la explicación última en la ciencia es imposible justamente porque las teorías científicas no pueden describir a estas esencias ocultas. Como tales esencias son las que en última instancia conforman el fundamento ontológico de la realidad, las teorías tampoco pueden describir nada sobre el mundo ni tener un valor de verdad puesto que carecen de un fundamento metafísico, sólo son una descripción epistemológica de cómo nos representamos el mundo. Por este motivo, Popper considera que el instrumentalismo es una postura antirracionalista:

Implica que la razón humana no puede descubrir ningún secreto de nuestro mundo. De modo que no sabemos más sobre el mundo hoy de lo que sabíamos hace cuatrocientos años. Nuestro conocimiento de los hechos no ha aumentado: sólo nuestra habilidad para manejarlos y nuestro conocimiento sobre cómo construir artefactos. No hay revolución científica, según el instrumentalismo; sólo hay una revolución industrial. No hay verdad en la ciencia: sólo hay utilidad.¹¹³

Si para Popper el problema más importante de la epistemología es el del desarrollo de conocimiento científico y éste está estrechamente relacionado con la verdad, las posturas instrumentalista y convencionalista están muy lejos de

certeza, ni tampoco garantiza que hayamos dado con la verdad, la verdad es simplemente un criterio regulativo para alcanzar el objetivo de la ciencia.

¹¹¹ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, 139.

¹¹² Popper, *Conjeturas y refutaciones*, 138.

¹¹³ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, 163.

ofrecer una buena explicación al respecto¹¹⁴, sobre todo teniendo en cuenta que el aumento del conocimiento supone para Popper el acercamiento a la verdad y la racionalidad científica está guiada por ésta.

Puesto que el instrumentalismo no puede hacer tests reales (ya que al considerar que las teorías son instrumentos éstas no pueden ser refutadas empíricamente) ni rechazar teorías, tampoco puede explicar el progreso científico, pues de acuerdo con Popper lo que posibilita el progreso, son los exámenes que con el paso del tiempo nos permiten ver cuáles teorías son mejores que otras.

Las críticas que Popper hace en contra de la filosofía de Duhem se deben principalmente a las diferencias que encuentra, de acuerdo a su interpretación de la filosofía de Duhem, respecto a sus nociones de realidad y la verdad:

- 1) Si las teorías son sólo instrumentos de predicción no parece necesario que tengamos que eliminar ninguna teoría particular, por lo que parecería que los instrumentalistas no toman en serio la importancia de las pruebas científicas a favor de la verdad.¹¹⁵
- 2) A los ojos de Popper, Duhem sostiene una posición epistemológica antirrealista que en última instancia no permite la refutación teórica tal como la plantea Popper¹¹⁶: mientras que Popper indica que la ciencia parte de

¹¹⁴ Worrall afirma que la crítica que Popper hace al instrumentalismo es simplemente un argumento circular: “[...] las categorías de verdadero y falso [...] de acuerdo a los instrumentalistas, no se aplican a las teorías. Pero el argumento de Popper, tomándolo de modo literal, es equivalente a la afirmación de que el instrumentalismo difiere de la posición que él mismo favorece. Si el hecho incuestionable de la comprobación que hacen los científicos de sus teorías ha de valer en contra del instrumentalismo, entonces ciertamente debe mostrarse que desde la posición instrumentalista no hay nada análogo al intento de falsar una teoría.” John Worrall, “Scientific Realism and Scientific Change”, p. 205.

¹¹⁵ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, 149.

¹¹⁶ Existen muchas opiniones respecto a la posición de Duhem en el debate realismo-antirrealismo (Ver Karen M. Darling, “Motivational Realism...”, p. 1126.), que se desencadena a partir de la consideración de Popper de la filosofía de Duhem como instrumentalista o convencionalista; ver por ejemplo, la “Presentación de la edición en castellano” de Antoni Martínez Riu en Pierre Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, trad. María Pons Irazazábal, (Barcelona: Herder, 2003) en la que el autor asegura que la interpretación de Popper es falsa; por otro lado, Glenn indica que la crítica que Popper hace al instrumentalismo no coincide con la posición de Duhem: “[...]Duhem sostiene una posición más sofisticada que la

conjeturas (hipótesis empíricas) para deducir las teorías, el convencionalismo presupone como verdaderas ciertas leyes a partir de las cuales se da la deducción, pero las convenciones son acuerdos que sólo se relacionan con la realidad como meras representaciones, que al no ser verdaderas o falsas por su naturaleza, tampoco pueden ser refutadas.

3. La concepción de Popper sobre la inducción y deducción en Duhem

Tanto Popper como Duhem sugieren una metodología hipotético-deductiva para la formación de teorías científicas. Siguiendo el análisis de Popper, existen dos diferencias significativas en el método que propone cada uno de los filósofos: la primera está en la naturaleza de los enunciados o hipótesis iniciales a partir de los cuales se hace la deducción. Mientras que Duhem parte de convenciones (representaciones), Popper parte de conjeturas (hipótesis empíricas); la segunda diferencia está en que Duhem admite la inducción en las leyes de menor nivel de las teorías.

Sin duda el principal problema que Popper ve en la filosofía de la ciencia de Duhem es que bajo el esquema que propone, la refutación es imposible. Como veremos, el desacuerdo respecto a la teoría de Duhem se dirige principalmente al nivel de la práctica científica¹¹⁷, es decir, a la aplicación del método y la contrastación de las teorías con la realidad, y no al nivel lógico que se refiere a la conexión entre las hipótesis de mayor nivel y los enunciados que se dan a partir de la deducción.

3.1 La interpretación psicologista de Popper de la epistemología de Duhem

Popper está de acuerdo con Duhem, en que el conocimiento de sentido común juega un papel importante en la generación de conocimiento ordinario y científico; y aunque Popper insiste en que el objetivo principal de la epistemología es el desarrollo del conocimiento y que éste sólo se explica en el ámbito del conocimiento científico, no deja de tomar en cuenta que en la

que Popper le adscribe." Joy Glenn "Instrumentalism: A Duhemian Replay to Popper", *Modern Schoolman: A Quarterly Journal of Philosophy*, Vol. 52 (1975), pp. 194, 199.

¹¹⁷ Perry Clifton y Gary Jones, "Popper, Induction and falsification", *Erkenntnis*, Vol. 18, No. 1 (Jul., 1982): p. 97.

construcción, elección o examinación de una teoría intervienen múltiples elementos del sentido común¹¹⁸, mismos que resultan muy parecidos a la noción de “buen sentido” de Duhem.

Con frecuencia, lo único que hace adivinar al investigador qué enunciados de t´ debe considerar inocuos y cuáles necesitados de modificación es su instinto científico (influido, desde luego, por los resultados de llevar a cabo contrastaciones una y otra vez).¹¹⁹

Las hipótesis, tal como las plantea Duhem, implican un estado psicológico como punto de partida “[...] también es posible una psicología del conocimiento deductivista.”¹²⁰, sin embargo, para Popper no tiene importancia hacer un estudio sobre los estados o procesos psicológicos simplemente porque su análisis no nos da información sobre el aumento de conocimiento. Finalmente un estudio psicológico no tiene porqué involucrarse en el epistemológico, sin embargo, afirma que si se tratara de tomar postura, estaría de acuerdo en que a nivel del conocimiento ordinario las convicciones y creencias subjetivas también surgen por deducción¹²¹. Popper señala que en cuanto a la génesis del conocimiento, Duhem sostiene una posición deductivista:

Algunos pensadores (en especial los convencionalistas) se han esforzado por demostrar que las teorías científicas no son nunca simples generalizaciones inductivas, sino más bien construcciones conceptuales que tienen la finalidad de establecer un *nexo deductivo* entre leyes experimentales diversas.[...] Todas estas operaciones mentales que tienen lugar antes de la observación propiamente dicha son de enorme importancia para la formación y desarrollo del conocimiento

¹¹⁸ Ver Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 22; y para consultar otros ejemplos en los que Popper concede importancia al sentido común ver las siguientes referencias: la importancia en la elección de una teoría frente a la otra o la elección del método *La lógica de la investigación científica*, p. 48., respecto a la decisión de confiar en la propia razón para hacer conjeturas que puede verse en Karl Popper, *La sociedad abierta y sus enemigos*, trad. trad. Eduardo Loedel, (Barcelona: Paidós 2006), p. 444., o cuando habla del “criterio de progreso” como una intuición que nos permite ver qué teoría podría ser más satisfactoria que otra en *Conjeturas y refutaciones*, p. 266., entre otros ejemplos.

¹¹⁹ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 73n.

¹²⁰ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 63. A pesar de que Popper se considera en un punto “neutral” de la discusión sobre cómo se obtiene el conocimiento, indica que la interpretación deductivista “encaja mejor” con su posición frente al conocimiento científico. Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 65.

¹²¹ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 65.

científico o interesantes en extremo para el *historiador* de la ciencia y el *psicólogo* del conocimiento. Por ejemplo, en la obra de autores como Mach o Duhem, interesados en este tipo de consideraciones, encontramos análisis valiosos de estas actividades mentales de tanta importancia para la génesis de la ciencia.¹²²

Después de presentar estas citas, que para el texto de Popper sirven expresamente para mostrar cómo la psicología es independiente de la epistemología y para tomar postura respecto a la génesis del conocimiento, si se viera en la necesidad de hacerlo,¹²³ advierte que la concepción deductivista de Duhem no sólo resulta ser relevante para el punto de vista genético sino también es de gran relevancia en el plano epistemológico.

3.2 La crítica de Popper a la inducción en Duhem

De acuerdo con Popper, en lo que se refiere a la inducción, entre él y Duhem existe una diferencia: mientras que Duhem acepta generalizaciones inductivas en las leyes de menor nivel de universalidad, particularmente en aquellas que corresponden a enunciados observables y que conforman la base empírica de las teorías, Popper insiste en que la inducción es un método inválido justamente porque está interesado en buscar instancias que pongan a prueba la teoría.

Por otro lado, Popper explica que bajo una visión instrumentalista de la ciencia, el problema de la inducción no tiene sentido: puesto que dicho problema se ocupa de cuestiones de validez, verdad y falsedad, si una teoría es un

¹²² Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, 66-67 citando a Herbert Feigl, *Thorie und Earfahrung in der Phisik*, (Karlsruhe: G. Braun, 1929), p. 116. En *La lógica de la investigación científica* Popper apunta que “[...] Duhem (en *La Théorie physique, son objet et sa structure*, 1906[...]) ha mantenido tesis marcadamente deductivistas. (Pero en el libro de Duhem se encuentran también tesis inductivistas, por ejemplo en el cap. III de la primera parte, en el que se nos dice que con sólo experimentación, inducción y generalización se ha llegado a la ley de la refracción de Descartes [...]” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 30n.

¹²³ Vale la pena tener en cuenta que este análisis está en Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, y que en esta obra están contenidas gran parte de las ideas que después fueron desarrolladas en *La lógica de la investigación científica*. Aunque Popper jamás pretendió, al menos de manera explícita, analizar la génesis del conocimiento, parece ser que en escritos posteriores como *Conjeturas y Refutaciones*, *Conocimiento Objetivo* y en los ensayos contenidos en *En busca de un mundo mejor*, concede una mayor relevancia a la explicación del surgimiento de las hipótesis.

instrumento no puede ser ni verdadera ni falsa, de modo que el problema de la inducción queda anulado. Esto no quiere decir que los instrumentalistas no usen métodos o inferencias inductivas,¹²⁴ por el contrario, una de las diferencias más notables de acuerdo con Popper, entre su noción de refutación, y la de Duhem, tiene que ver en gran medida con la concesión que Duhem otorga a la inducción:

Berkeley, Mach, Poincaré y Duhem creían, todos ellos, que las generalizaciones simples de un orden inferior de universalidad se basaban en la inducción. Pero veían al menos que las teorías más abstractas no podían basarse en la inducción. [...] Berkeley, Poincaré y Duhem tenían razón al enseñar que es imposible obtener una teoría abstracta o de nivel superior, tal como la de Newton, por inducción a partir de la observación. Pero estaban equivocados al pensar que hay una diferencia esencial, en este aspecto, entre leyes de nivel superior e inferior; porque todas las leyes son invenciones útiles más que generalizaciones inductivas (Mi propia concepción, naturalmente, es que no son meramente útiles, sino auténticas conjeturas sobre la estructura del mundo que pueden ser contrastadas.) Sin duda, las hipótesis de nivel inferior no son tan abstractas como las teorías explicativas de nivel superior. Pero son, no obstante, teóricas y abstractas.¹²⁵

Si bien, como hemos mencionado, Duhem hace una crítica a la inducción, como método de descubrimiento, prueba y formación de teorías, la única concesión que hace al método inductivo es en lo que se refiere a la aplicación de las teorías admitidas a la práctica. Estos experimentos de aplicación, difieren de los experimentos de prueba que son de carácter deductivo.¹²⁶

Para Popper la lógica del conocimiento es esencialmente deductiva¹²⁷ y no es posible pasar de la verdad de uno o varios enunciados particulares a la verdad de una teoría o hipótesis, sea ésta de mayor o menor nivel respecto a un sistema teórico, ya que no podemos estar seguros de que una inferencia lógica sea

¹²⁴ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 157.

¹²⁵ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 158

¹²⁶ "Solamente a través de ellos la ciencia puede ayudar a la práctica, pero no es gracias a ellos que la ciencia se crea y se desarrolla." Duhem, *La teoría física, su objeto y sus estructura*, p. 242.

¹²⁷ Popper únicamente acepta a la deducción como método racional y crítico de las ciencias, mientras que considera a la inducción como "[...] un método mítico y defensivo o justificacionista[...]" Armando Cántora, *Los presupuestos irracionales de la racionalidad*, (México: UAM, 2005), p. 51.

válida¹²⁸. El método deductivo nos permite contrastar las consecuencias de nuestras teorías o hipótesis con la experiencia; si el resultado de la contrastación es negativo, es decir, resulta que la conclusión es falsa, entonces toda la teoría o la hipótesis, sea del nivel que sea, será falsa, pero si después de la contrastación, la conclusión sigue siendo aceptable, entonces no tenemos motivos para deshacernos de esta teoría o de la hipótesis que estemos contrastando.¹²⁹

Sin embargo, en *Conjeturas y Refutaciones*, Popper hace una concesión muy similar a la que Duhem otorga a la inducción. Uno de los requisitos para el desarrollo del conocimiento es que las teorías, aparte de permanecer abiertas a la refutación es que tengan algunos éxitos en su aplicación. Para poder refutar una teoría es necesario que exista primero otra teoría que presente éxitos en donde la anterior era falsa y que además explique lo que la anterior explicaba, de modo que una de las condiciones para preferir una teoría frente a otra es que la nueva teoría presente confirmaciones en la práctica que permitan mostrar la falsedad de la otra teoría¹³⁰. Tanto en el caso de Duhem como en el de Popper, la inducción no influye directamente en la selección entre dos teorías, aunque para el desarrollo de la ciencia y la práctica científica parece ser de gran importancia.

¹²⁸ “[...] cualquiera que sea el número de ejemplares de cisnes blancos que hayamos observado, no está justificada la conclusión de que todos los cisnes sean blancos.” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 27.

¹²⁹ Popper, *La lógica de la investigación científica*, 32-33. Es necesario poner énfasis en la distinción que Popper señala: en un sentido estrictamente lógico basta una instancia falsa para que toda la teoría quede refutada, sin embargo, en el plano metodológico no ocurre lo mismo: una teoría nunca queda refutada de modo concluyente. Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 49.

¹³⁰ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, pp. 300-301. Analizaré con mayor profundidad este punto en el siguiente capítulo.

III. El papel de la refutación en la filosofía de Popper

Experimentar es un negocio muy costoso, en dinero, en tiempo y en pensamiento; así que sería un ahorro en los costos comenzar con las predicciones positivas de la hipótesis que parecen ser las menos probables de ser verificadas. Porque un único experimento puede refutar totalmente la más valiosa de las hipótesis, mientras que una hipótesis debe ser en realidad insignificante si sólo un único experimento puede establecerla.

Charles S. Peirce, CP, 7.206

1. Introducción

En el capítulo anterior analicé la interpretación de Popper de algunas de las ideas de Duhem sobre la función y la estructura de las teorías físicas, haciendo notar las similitudes y diferencias entre sus teorías. Tanto Duhem como Popper se oponen al método verificacionista; sin embargo, la diferencia más notable entre ambos filósofos es que mientras que Duhem se opone también al poder probatorio de los experimentos cruciales, Popper los toma como la prueba empírica para refutar teorías o para medir su grado de verosimilitud.

El objetivo de este capítulo es exponer la idea de refutación en Popper, así como la evolución y el alcance de dicha noción, como respuesta al argumento de Duhem en contra de los experimentos cruciales como herramienta de refutación de teorías. Esto nos dará luces sobre los puntos de divergencia más complicados sobre la noción de refutación en ambos autores y nos permitirá analizar el papel del argumento de Duhem contra la refutación en los experimentos cruciales y su posible influencia en la noción de refutación de Popper.

Para lograr este objetivo expondré el desarrollo de la noción de refutación a lo largo de la obra de Popper. Después presentaré la discusión que Popper establece con Duhem sobre la posibilidad de refutar las leyes naturales y de fragmentar los sistemas teóricos para llevar a cabo la falsación tal como Popper propone. Posteriormente me concentraré en los comentarios a la crítica de los experimentos cruciales de Duhem, a la vez que expongo las razones de Popper

para admitir los experimentos cruciales como herramienta del desarrollo científico a partir de la refutación; y en segundo lugar señalaré los cambios en la noción de refutación y sus implicaciones en los experimentos cruciales, a partir de la importancia que Popper da a la corroboración y principalmente a la noción de verosimilitud en la última etapa de su pensamiento.

2. El desarrollo de la noción de refutación en la obra de Popper.

Lo más característico de la filosofía de Popper es el énfasis que pone en el error como motor del desarrollo del conocimiento; como señala Martínez la trayectoria de Popper, puede ser tomada como un “despliegue de la actitud crítica” caracterizada por la búsqueda de la falsedad en las posturas propias, y por ser una actitud racional y científica opuesta al dogmatismo.¹³¹

Si bien la refutación es un elemento presente en todas las etapas del pensamiento popperiano, es una noción que fue refinando a lo largo de su obra; el desarrollo de la refutación va de la mano con el desarrollo de la noción de verdad que paulatinamente va cobrando importancia en la obra de Popper.

De acuerdo con Popper, podemos reconocer tres momentos del año de 1919 que influyeron notablemente en el surgimiento de su posición falsacionista. En primer lugar, el contacto que tuvo con el marxismo lo llevó a cuestionar la cientificidad y con ello las características propias de del conocimiento científico¹³², el segundo momento que influyó en el surgimiento de la noción de falsación como elemento de demarcación de la ciencia, fue el periodo en el que Popper trabajó con Adler. Tanto el marxismo como las teorías psicoanalíticas, tienen en común para Popper, que ambas pretenden tener un poder explicativo tan amplio, que poseen la capacidad de explicar cualquier cosa desde sus propios fundamentos, e incluso la verificación de cada caso es una explicación de la

¹³¹ J. Francisco Martínez, El problema de la verdad en K. R. Popper:

Reconstrucción histórico-sistemática, (España: Netbiblio, 2005), C xii-xiii

¹³² Popper, *Sociedad abierta, universo abierto. Conversación con Franz Kreuzer*, trad. Salvador Mas Torres, (Madrid: Tecnos, 2002), 14. Ver también Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 62. Para ver una explicación más detallada de la refutación del marxismo por la Revolución rusa ver Popper, *Sociedad abierta, universo abierto*, pp. 15-16.

teoría. Aunque estas teorías eran presentadas como científicas, para Popper resultaban más parecidas a la astrología que a la astronomía¹³³.

El tercer momento que inspiró a Popper fue el experimento de Eddington, cuyos datos empíricos corroboraron la teoría de la relatividad. Einstein dedujo una predicción que ponía en alto riesgo a su teoría y propuso un experimento crucial para ponerla a prueba.¹³⁴

Sin duda, el hecho de que Einstein, de manera explícita diera las condiciones bajo las cuales su teoría se derrumbaría, inspiró a Popper a desarrollar su criterio de refutación¹³⁵ como el criterio de la demarcación entre ciencia y pseudociencia; y el experimento crucial como la herramienta de la refutación que constituye la prueba empírica propia del desarrollo científico.

Tomando como referencia los periodos en los que Martínez divide el pensamiento de Popper¹³⁶, debemos tener en cuenta que entre 1919 y 1929, periodo en el que Popper elabora su concepción inicial del problema de la demarcación, no daba mayor importancia a la noción de verdad, de modo que concebía el aumento de conocimiento como la mera corrección de errores a partir de la refutación de las conjeturas, sin poner énfasis en el fundamento real de la información empírica.

En los escritos realizados entre 1930 y 1933, Popper añade la noción de “la base empírica” que junto con su adhesión a un “realismo metodológico” le permiten sustentar la realidad de un mundo que no podemos alcanzar a conocer con certeza, pero que existe y sirve de base objetiva para nuestros conocimientos, al menos como una base convencional.¹³⁷ En la introducción de 1978 a *Los problemas fundamentales de la epistemología*, Popper señala que uno de los principales errores que comete en el periodo que comprenden los escritos

¹³³ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, pp. 58-59.

¹³⁴ Popper, *Sociedad abierta, universo abierto*, p. 17. Ver también Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 60.

¹³⁵ Christoph von Metternheim, *Popper versus Einstein: On the Philosophical Foundations of Physics*, trad. Paul Siebeck, (Tübingen: Mohr Siebeck, 1998), p. 2.

¹³⁶ Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, pp. 4-11.

¹³⁷ Ver Popper, *Los problemas fundamentales de la epistemología*, principalmente pp. 182-183, 192-196 y 536-538 En la introducción de 1978 a los *Los problemas fundamentales de la epistemología*, Popper expone una serie de errores que se encuentran en esta obra y hace notar los cambios en su pensamiento; principalmente aquellos que se relacionan con su noción de verdad.

publicados en este libro y en la *La lógica de la investigación científica*, es que confunde las nociones de verdad y validez, y las de verdad objetiva y subjetiva, puesto que aún no había aparecido la obra de Tarski sobre el concepto de verdad¹³⁸. Al parecer, en este periodo Popper no logra dar una explicación satisfactoria sobre la verdad en el ámbito lógico y metodológico, puesto que corre el riesgo de conducirlo a un pensamiento dogmático;¹³⁹ sin embargo, esta ambigüedad en la noción de verdad, no permite distinguir la manera adecuada de considerar a un enunciado básico como verdadero o falso para ser utilizado en la refutación de una teoría.

En la *La lógica de la investigación científica*, Popper introduce en su filosofía de la ciencia la noción de corroboración¹⁴⁰ afirmando que “Las teorías no son verificables, pero pueden ser corroboradas”¹⁴¹. Esto quiere decir que si bien, no podemos afirmar la certeza de una teoría, sí podemos afirmar que la teoría se ha mantenido en pie después de los intentos de refutación, lo cual no implica que podamos considerarla verdadera, pero sí como una teoría mejor y más explicativa que la anterior. El grado de corroboración de una teoría, a partir de esta etapa, complementa a la refutación como el criterio de selección de teorías; sin embargo, será hasta 1960 que Popper pondrá mayor énfasis en el papel de la corroboración y el aumento de contenido de verdad como objetivo de la ciencia.

En *Conjeturas y refutaciones*, Popper hace algunas precisiones a su pensamiento¹⁴². Entre estas nuevas ideas, señala que podemos afirmar que una

¹³⁸ Popper, *Los problemas fundamentales de la epistemología*, p. 27. En esta obra, el criterio de verdad y falsedad de los enunciados básicos es convencional, es decir, depende del acuerdo de la comunidad científica, aunque su postura no es convencionalista respecto a los sistemas teóricos y las leyes científicas. Después de conocer la teoría de la verdad de Tarski, Popper adoptará la teoría de la verdad por adecuación, en la que es posible a partir de un metalenguaje, afirmar la correspondencia entre los enunciados y los objetos reales. Popper, *Los problemas fundamentales de la epistemología*, pp. 28-29.

¹³⁹ Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, p. 74.

¹⁴⁰ “He introducido en este libro los términos «corroboración» [...] y «grado de corroboración» [...] porque quería tener un término *neutral* con el cual designar el grado en que una hipótesis ha salido indemne de contrastaciones rigurosas, y, por tanto, ha «demostrado su temple». [...] he introducido el término «grado de corroboración», principalmente con objetivo de poder discutir el problema de si dicho «grado» podría identificarse o no con la «probabilidad» [...]” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 234n.

¹⁴¹ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 234.

¹⁴² Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 264.

teoría se acerca más a la verdad, que corresponde más a los hechos que otra teoría¹⁴³, y esta idea implica poner más atención a la importancia de que algunas teorías se corroboren para poder afianzar la refutación de las teorías anteriores y sobre todo para dar sentido a la ciencia, puesto que si las teorías fueran refutadas al instante de su surgimiento no podríamos hablar de desarrollo científico.

En el periodo a partir de 1960 Popper pone mayor atención a la búsqueda de la verdad como objetivo de la ciencia, de modo que el examen crítico se dirige no sólo a la búsqueda de refutaciones en las teorías, sino también al aumento de verosimilitud como condición para el desarrollo de la ciencia¹⁴⁴, finalmente el grado de corroboración, que implica el intento de refutación de una teoría, es el criterio de selección teórica, “[...] el grado de corroboración es un medio de anunciar una *preferencia por lo que respecta a la verdad*.”¹⁴⁵, y el aumento de verosimilitud que supone una teoría que preferimos sobre otra, es un indicador de que la ciencia se acerca a la verdad.

3. La refutación de las leyes naturales

Popper hace una importante distinción entre leyes naturales objetivas y verdaderas que constituyen la estructura real del mundo, y las leyes naturales descriptivas que son conjeturales¹⁴⁶. Es necesario señalar que esta distinción únicamente tiene un sentido metodológico: no existen como tal, dos tipos de leyes naturales sino que Popper habla de leyes naturales desde dos aspectos distintos: el aspecto epistemológico que corresponde a las leyes que nosotros formulamos intentando describir al mundo, y el metafísico que implica la

¹⁴³ “Sólo hace muy poco me puse a reflexionar acerca de si la idea de verdad aquí implicada era, en realidad, tan peligrosamente vaga y metafísica, a fin de cuentas. Hallé casi inmediatamente que no lo es, y que la aplicación a ella de la idea fundamental de Tarski no presenta ninguna dificultad particular. Pues no hay razón alguna por la cual no debemos decir que una teoría corresponde a los hechos mejor que otra. Estos pasos iniciales simples aclaran todo: no hay, realmente, ninguna barrera entre lo que parecía ser a simple vista la Verdad con una ‘V’ mayúscula y la verdad en el sentido de Tarski.” *Conjeturas y refutaciones*, p. 283.

¹⁴⁴ Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, p. xv.

¹⁴⁵ Popper, *Conocimiento objetivo*, p. 31.

¹⁴⁶ Popper se refiere a esta distinción entre las leyes naturales que “imponen” y las que “describen” en Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 179.

existencia de leyes estructurales que restringen las posibilidades de los fenómenos:

La cuestión que se plantea aquí es la del realismo metafísico, en una forma que no resalta tanto la existencia de cuerpos como la existencia de leyes. Porque los cuerpos físicos son sólo un aspecto de la estructura legiforme del mundo, que garantiza, solo, su permanencia (relativa); lo que significa, por otro lado, que la existencia de los cuerpos físicos [...] entraña la de regularidades físicas objetivas [...]¹⁴⁷

Estas leyes son necesarias en el sentido de que nos restringen de acuerdo con ciertas condiciones iniciales de la realidad:

Cabe decir que un enunciado es naturalmente –o físicamente– necesario si y sólo si es deductible de (la clausura) de una función de enunciados que se satisfaga en todos los mundos que, a lo más, difieran del nuestro en lo que respecta a condiciones iniciales.¹⁴⁸

Sin embargo, las leyes que nosotros formulamos son falibles, puesto que son descripciones conjeturales sobre la estructura del mundo.

Las leyes de la naturaleza son invención nuestra, [...] *Intentamos imponerlas a la naturaleza y con mucha frecuencia fracasamos, pereciendo junto con nuestras conjeturas equivocadas. Sin embargo, otras veces nos aproximamos a la verdad lo suficiente como para sobrevivir con nuestras conjeturas.*¹⁴⁹

El objetivo de la ciencia es acercarse a esa estructura real, sin embargo nunca podremos estar seguros de haber formulado leyes que describan con certeza la estructura de la realidad. Por este motivo, Popper puede afirmar, de acuerdo con su realismo metafísico, que existen leyes verdaderas, a la vez que en

¹⁴⁷ *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 120.

¹⁴⁸ Popper “Apéndice 10”, en *La lógica de la investigación científica*, p. 404. La existencia de estas leyes necesarias no dejará de ser una conjetura sujeta a refutación, sin embargo, Popper está consciente de que al menos estas leyes se pueden distinguir de las descriptivas en que nos imponen cierto orden natural, de modo que difícilmente están sujetas a refutación, pues suelen ser las que están más corroboradas.

¹⁴⁹ Popper, *Conocimiento objetivo* trad. Carlos Solís Santos, (Madrid: Tecnos, 2005), p. 93. Estas leyes son de menos universalidad y por tanto están más sujetas a refutación que las leyes estructurales. Popper, *Conocimiento objetivo*, p. 185.

el plano metodológico (debido al carácter falible de nuestro conocimiento) asegura que las leyes naturales son refutables¹⁵⁰.

Popper explica que no basta la observación para constatar si las leyes naturales son verdaderas o falsas, “Las leyes de la naturaleza son algo más (en todo caso algo distinto) que una pura descripción de lo que ya se sabe.”¹⁵¹, esto porque las leyes son el resultado de la relación de ciertas propiedades estructurales tomadas bajo una nueva idea, de modo que las leyes naturales no son el simple resultado de una generalización inductiva:

Ahora bien, precisamente las leyes de la naturaleza más significativas son (tal como lo ha mostrado Duhem) todo menos simples extrapolaciones: contienen siempre una idea que es, en relación con la «serie de observaciones» dada, *nueva* por completo y cuyas consecuencias pueden retraerse en otros ámbitos de la experiencia científica, lo que demuestra que su avance va más allá que la serie de observaciones en cuestión.¹⁵²

Para ambos filósofos, las leyes naturales son el producto de la relación de diferentes propiedades que se interpretan de acuerdo a una estructura teórica, por ejemplo las propiedades de rigidez y de impenetrabilidad se pueden explicar cómo la estructura material de los átomos, o bien como la estructura de las piezas de un reloj,¹⁵³ en este sentido podemos afirmar que las leyes naturales implican una idealización o una teoría que va más allá de las observaciones¹⁵⁴.

Los dos filósofos están de acuerdo en que las leyes naturales no están sujetas a ser verificadas y también coinciden en que la refutación de un

¹⁵⁰ Popper afirma la existencia de leyes naturales verdaderas que conforman la estructura del mundo. Pero no debemos perder de vista que el hecho de que exista la verdad no implica que podamos tener la seguridad de haber llegado a ella; este es el motivo porque el que Popper advierte que no es necesario presuponer este realismo metafísico en lo que respecta al ámbito metodológico. Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, pp. 111-112, 119 y 186. Martínez explica que la nueva afirmación de que existen leyes verdaderas, es uno de los avances más significativos entre la escritura de *La lógica de la investigación científica y Realismo y el objetivo de la ciencia*, puesto que aporta una nueva solución de corte metafísico al problema de la inducción. Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, p. 92.

¹⁵¹ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 98.

¹⁵² Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 98.

¹⁵³ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 178.

¹⁵⁴ En este mismo sentido, Duhem afirma que la teoría precede a la experiencia. Duhem, *La teoría física, si objeto y su estructura*, p. 32-34. Ver también Popper, *Sociedad abierta, universo abierto*, p. 32.

pronóstico afecta a todas las premisas de la deducción, puesto que estos son el resultado de un sistema teórico y no de una sola ley natural, pero eso no quiere decir que todas las premisas sean falsas, sino que al menos una de ellas lo es. Sin embargo, el desacuerdo entre Popper y Duhem está en que Popper sostiene que estas leyes pueden ser refutadas de forma definitiva a través de pronósticos deducidos, mientras que Duhem no admite que las leyes naturales puedan ser refutadas de modo concluyente:

[...] algunos autores (p. ej. Duhem) han extraído la conclusión de que no existe una auténtica refutación de las leyes naturales. Lo que queda refutado cuando se demuestra que un pronóstico es falso es la *teoría en conjunto*, lo que naturalmente no significa que sean falsos *todos* los enunciados de la misma. Por el contrario, hay que contar con que algunas aserciones o incluso partes enteras de la teoría refutada volverán a aparecer en otros contextos: en una palabra, no puede decirse que hayan sido refutadas *definitivamente*¹⁵⁵.

Pero a pesar de que algunos elementos de la teoría no quedarán refutadas como afirma Duhem, sigue siendo posible que por un contraejemplo en los casos particulares, queden refutados los enunciados empíricos universales, “[...] una aserción empírica universal, aislada, puede quedar refutada a través de los pronósticos deducidos, siempre que se pueda garantizar o demostrar la verdad de los demás supuestos o premisas de la deducción”¹⁵⁶, esto ocurre cuando los supuestos de los que Popper habla son enunciados empíricos singulares o juicios analíticos.

Finalmente Popper concluye que en cierto tipo de construcciones complejas la refutación sólo puede ser dada en conjunto: si las leyes naturales son enunciados universales de los que se deducen pronósticos, todos esos pronósticos en conjunto conforman al enunciado universal. Entonces, si uno de los enunciados o pronósticos de la ley resulta negativo, todo el conjunto quedará refutado definitivamente.

Si bien la objeción alegada por Duhem de que las leyes naturales no pueden refutarse de una manera definitiva porque no podemos llegar a saber a qué enunciado concreto de una teoría afecta concretamente la refutación, no

¹⁵⁵ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 335.

¹⁵⁶ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 337.

puede reconocerse como tal objeción pues no tiene carácter absoluto, general, no por eso carece totalmente de importancia. Podría muy bien utilizarse como incentivo para intentar precisar la noción de «ley natural», más exactamente la noción de «fundamento o premisa de una deducción» en una determinada dirección.¹⁵⁷

Popper está de acuerdo con Duhem en que existen ciertos constructos teóricos que sólo pueden refutarse en conjunto; pero advierte que la posibilidad de aislar partes del sistema teórico, permite la refutación independiente de un conjunto de hipótesis: “[...] a menudo sólo testamos una fracción grande de un sistema teórico, y a veces quizás sólo el sistema total [...]”¹⁵⁸; de modo que el objetivo de la falsación es eliminar teorías o sistemas de teorías que en su conjunto, resulten falsos a partir de una instancia errónea, independientemente de que algunas partes de la teoría refutada aparezcan en otras teorías o sistemas que no hayan sido refutados.

Para ilustrar lo anterior, Popper toma el mismo ejemplo que Duhem utiliza para demostrar la imposibilidad de los experimentos cruciales: la teoría corpuscular de la óptica de Newton fue refutada por Foucault dando la victoria a la teoría de Huygens; pero tiempo después se volvieron a considerar algunos de los elementos de la teoría de Newton. Para Popper la teoría corpuscular de Newton se refutó definitivamente, es decir, el conjunto de supuestos que integraban a la teoría quedó refutado, no cada uno de los supuestos que la integraban sino la conjunción misma.¹⁵⁹

¹⁵⁷ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 338.

¹⁵⁸ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 291.

¹⁵⁹ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 339.

4. Los experimentos cruciales

4.1 Los experimentos cruciales como herramienta para refutar y seleccionar teorías

Popper propone hacer experimentos cruciales para refutar o elegir una teoría frente a otra u otras teorías¹⁶⁰ que pretendan explicar el mismo fenómeno pero que tengan resultados diferentes. Se ponen a prueba predicciones riesgosas de alto contenido empírico deducidas de cada una de las teorías; si estas predicciones, al ser contrastadas con la experiencia no corresponden con los datos empíricos, entonces la teoría queda falsada. Si una de las teorías que ponemos a competición queda refutada, entonces elegimos la otra, no como verdadera, sino como una teoría que hasta el momento ha sido corroborada.

De acuerdo con Popper, Duhem en *La teoría física, su objetivo y su estructura* construye una crítica a las teorías que se someten a experimentos cruciales considerando a éstos como una forma de verificación. Como explica Popper, Duhem demuestra que dichos experimentos no pueden comprobar la verdad de una teoría, “[...] pero no logra demostrar que tampoco permiten refutarla.”¹⁶¹:

Puede mencionarse aquí que Duhem niega [...] la posibilidad de experimentos cruciales, ya que los considera verificaciones, mientras que yo afirmo la posibilidad de experimentos *falsadores* cruciales (este autor destaca, con razón, que sólo podemos refutar sistemas teóricos completos; pero no parece ver la asimetría existente entre verificación y falsación, lo cual afecta a su estudio de los experimentos cruciales).¹⁶²

A pesar de que Popper afirma que Duhem toma a los experimentos cruciales como verificaciones, en realidad, el objetivo de Duhem no es criticar a dichos experimentos por pretender verificar una de las hipótesis, quizá esta sea un crítica implícita en su objetivo; la finalidad de su crítica es más bien demostrar que los experimentos no pueden condenar a una hipótesis aislada, sino que condenan a todo el sistema teórico.

¹⁶⁰ Mientras que Bacon tomaba los experimentos cruciales para verificar teorías, Popper pretende refutarlas: en caso de que la teoría tenga éxito, su grado de corroboración aumentará de acuerdo a la improbabilidad de los casos corroborados. Popper, *Conjeturas y refutaciones*, pp. 147 y 147n.

¹⁶¹ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 147n

¹⁶² Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 75n

La contradicción experimental no tiene, como la reducción al absurdo utilizada por los geómetras, la capacidad de transformar una hipótesis física en una verdad incontestable. Para hacerlo sería necesario proceder a una enumeración completa de las distintas hipótesis [...] el físico nunca está seguro de haber agotado todas las suposiciones imaginables; la verdad de una teoría física no se decide a cara o cruz.¹⁶³

Aunque rechaza que los experimentos cruciales puedan ser un método para verificar una hipótesis, la finalidad de Duhem en el apartado citado, y concretamente en el ejemplo sobre la posible elección entre las hipótesis de la óptica de Newton y Huygens, es mostrar que los experimentos cruciales no pueden tener una importancia decisiva en la elección de hipótesis puesto que estas hipótesis dependen de todo un sistema teórico; el ejemplo muestra que el experimento de Foucault

[...] no decide entre dos hipótesis, la hipótesis de la emisión y la hipótesis de las ondulaciones, sino entre dos conjuntos teóricos que deben ser considerados en bloque: la óptica de Newton y la óptica de Huygens.¹⁶⁴

De acuerdo con lo anterior, para Duhem estos experimentos no son válidos porque a partir de poner a prueba una hipótesis refutan o verifican todo un sistema teórico; es decir, no son válidos porque no contemplan el carácter holístico de los sistemas teóricos, da lo mismo que el ejemplo del experimento de Foucault muestre la verdad de la hipótesis de Huygens, o bien que refute a la hipótesis de Newton; del mismo modo, sea con el fin de verificar o refutar alguna de las dos hipótesis, el experimento es inválido puesto que impacta a nivel de los sistemas teóricos.

Siguiendo a Duhem, Popper señala un problema que surge cuando la teoría es refutada de acuerdo a sus resultados: la contrastación afecta a todos los

¹⁶³ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 250. En esta cita podemos ver que en cuanto a la oposición a la verificación Duhem y Popper comparten la misma idea, de cualquier modo, el objetivo del apartado en la obra de Duhem no tiene el objetivo hacer una crítica a la verificación, sino más bien mostrar el carácter holista de la física.

¹⁶⁴ Duhem *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 249. Ambrosio Velasco explica que la tesis de la subdeterminación de Duhem implica no sólo la imposibilidad de la verificación, sino también la de la refutación de teorías. Ambrosio Velasco, "La racionalidad científica en Duhem y Popper: buen sentido o reglas metodológicas", en *Alcances y límites de la racionalidad del conocimiento*, comp. Teresa Santiago, (México: Signos, 2000), p. 42.

elementos de la teoría, por lo que podríamos estar refutando partes de la teoría que no son falsas.

[...] siendo Duhem el primero que llamó la atención sobre el hecho de que las dificultades que entraña la contrastación de una teoría no afectan sólo al lado positivo de la misma, es decir, a la verificación, sino también a su aspecto negativo, es decir, la refutación, y ello en gran medida porque la refutación indirecta de los presupuestos fundamentales de una teoría, a través de la refutación de los pronósticos de ellas deducidos, implica todos los presupuestos, es decir, todas las premisas de la deducción en conjunto, lo que hace que en parte sea arbitrario el determinar cuáles de estos presupuestos deben considerarse refutados y cuáles deben ser mantenidos¹⁶⁵.

Sin embargo, si se da el caso de que no podamos identificar cuál es la hipótesis que provoca el error en el sistema teórico, esto no representa mayor problema para Popper puesto que es la afirmación conjunta de todas las hipótesis lo que provoca la refutación¹⁶⁶; de modo que la refutación no implica que cada una de las hipótesis queden falsadas, estas hipótesis podrían aparecer nuevamente en otros contextos ya que sólo fueron refutadas indirectamente; el punto es que la refutación de la teoría muestra que el conjunto de hipótesis es falso.

Del mismo modo que Duhem, Popper sostiene que únicamente se pueden eliminar sistemas de teorías puesto que una hipótesis errónea comunica su falsedad al resto del sistema; sin embargo, a diferencia de Duhem, Popper afirma la posibilidad de identificar la parte falsa de la teoría, “[...] algunas veces tenemos muchísimo éxito en atribuir a una hipótesis única la responsabilidad de la falsación de una teoría completa o de un sistema de teorías.”¹⁶⁷; y aunque resulta inseguro identificar sólo a un enunciado del sistema como falso, es posible guiarse por la estructura lógica de las teorías (situación que nunca admitiría Duhem) y la intuición del investigador para encontrar la parte que puede estar fallando y ponerla a prueba.

Contra la concepción que aquí exponemos alguien podría sentirse tentado a objetar (siguiendo a Duhem) que, en cada test, no está implicada solamente la

¹⁶⁵ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 486.

¹⁶⁶ Popper, *Los dos problemas fundamentales de la Epistemología*, p. 487

¹⁶⁷ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 227.

teoría que se está investigando, sino también todo el sistema de nuestras teorías y suposiciones –de hecho más o menos todo nuestro conocimiento-, de modo que nunca podemos estar seguros acerca de cuál de estas suposiciones es la refutada.¹⁶⁸

Popper no encuentra problema en considerar el conocimiento que se encuentra de fondo o que acompaña a las teorías o hipótesis que se pretenden refutar, puesto que en realidad para la refutación se consideran dos sistemas, pero éstos difieren únicamente en las dos teorías a discusión; y finalmente si una de estas teorías es falsa, el sistema, al incluir esta teoría errónea, también es falso.

Popper afirma que las teorías tienen una estructura que nos permite distinguir las partes más riesgosas y las que presentan menos problemas: en la estructura de las teorías podemos distinguir capas de diversa profundidad, universalidad y precisión.¹⁶⁹ Las partes de mayor profundidad están conformadas por las leyes naturales que suelen ser más amplias en cuanto a su contenido empírico, pero también suelen ser las más corroboradas y por lo tanto menos riesgosas; aunque al tener mayor contenido empírico, pueden ser testadas independientemente y por lo tanto refutadas;¹⁷⁰ mientras que nuestro conocimiento básico que es el de menor profundidad y precisión,¹⁷¹ se presenta como el conocimiento más inseguro y riesgoso, por lo que es en él en el que debemos buscar los posibles errores en primer lugar¹⁷². Por otro lado, Popper señala que la dependencia lógica entre las partes de la teoría puede revelarnos cuál puede ser el lugar en el que se encuentra el error. Por ejemplo, las “pruebas de independencia” que se aplican a los sistemas axiomatizados, muestran si

¹⁶⁸ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 147.

¹⁶⁹ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 227.

¹⁷⁰ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, pp. 174, 178, 184 y 190.

¹⁷¹ Es decir, en el conocimiento conformado por nuestras creencias y supuestos que damos por hecho. Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 290-291. “El requisito de que la hipótesis falsadora ha de ser empírica, y, por tanto, falsable, quiere decir exclusivamente que debe encontrarse e cierta relación lógica con respecto a los posibles enunciados básicos [...] La hipótesis falsadora puede tener un nivel de universalidad muy bajo[...].” Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 83 y 83n.

¹⁷² “En la búsqueda de un contraejemplo tenemos que usar nuestro conocimiento básico, pues siempre tratamos de refutar primero las predicciones *más riesgosas*, las “consecuencias... *más improbables*” (como ya vio Peirce); lo cual significa que siempre buscamos en los lugares *más probables* los contraejemplos *más probables*, más probables en el sentido que debemos esperar hallarlos a la luz de nuestro conocimiento básico.” Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 293.

algún axioma es independiente del sistema de acuerdo a las relaciones lógicas de éste.

Esto muestra que el dogma holístico del carácter “global” de todos los tests o contraejemplos es insostenible, y explica por qué -aun sin axiomatizar nuestra teoría física podemos vislumbrar qué es lo que anda mal en nuestro sistema.¹⁷³

Aunque existe la posibilidad de determinar las partes falsas, Popper es consciente de que podemos equivocarnos al poner en duda una parte de la teoría que es verdadera. Esto es porque independientemente de que la estructura nos pueda dar luz en nuestra búsqueda, no existe un procedimiento mecánico y rutinario para atribuir falsación con certeza a alguna parte del sistema teórico, la intuición y muchas veces la suerte del investigador juegan un papel muy relevante en la elección de las partes de la teoría a refutar:

[...] la aceptación de una refutación, o su atribución a una hipótesis en vez de a otra, siempre ha implicado un elemento de libre elección y de decisión. Nuestros procedimientos científicos no están nunca enteramente basados en reglas; siempre hay suposiciones y corazonadas implicadas.¹⁷⁴

Independientemente de los posibles errores en el procedimiento y que Popper tiene en cuenta que en la elección de teorías no basta la lógica, sino que el científico también se vale de la intuición para llevar a cabo la refutación; Popper insiste en que la forma de elegir teorías e hipótesis para la falsación se da a partir de la visión estructural de los sistemas. Es posible identificar y elegir las hipótesis que podrían presentar mayor problema para nuestra teoría y ponerlas a prueba con las hipótesis que parecen ser más seguras¹⁷⁵

[...] toda crítica debe ser fragmentaria (en contra de la idea holística de Duhem y Quine); lo cual sólo es otra manera de decir que la máxima fundamental de toda discusión crítica es que debemos atenernos a nuestro problema y que debemos subdividirlo, si es factible, y tratar de resolver no más

¹⁷³ Popper, *Conjeturas y Refutaciones*, p. 292.

¹⁷⁴ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 228.

¹⁷⁵ De hecho estas hipótesis deben ser tomadas como si fueran seguras, a modo de información básica, la cual, con el fin de neutralizar los posibles errores, debe ser variada constantemente en nuestros exámenes. Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 227.

de un problema a la vez, aunque siempre podamos –por supuesto- pasar a un problema subsidiario o remplazar nuestro problema por otro mejor¹⁷⁶.

Después de dividir el sistema y elegir la parte de la teoría o las hipótesis que nos parezcan más débiles, Popper propone hacer contrastaciones cruciales a estas hipótesis con el fin de refutar la teoría que examinamos. Por lo general, antes de realizar esta falsación, ya existe una hipótesis nueva que difiere de la que pretendemos falsar, y que por tanto, nos sugiere realizar la prueba crucial,¹⁷⁷ no con la finalidad de verificar la nueva hipótesis, sino con el objetivo de refutar a la que se cree que es falsa.

[...] Duhem criticó los experimentos cruciales, mostrando que no podían establecer o demostrar una de las hipótesis en competición, como se suponía que hacían; pero, aunque trató de la refutación –señalando que su atribución a *una* hipótesis en vez de a otra era siempre arbitraria- nunca trató de la función que yo sostengo que es la de las contrastaciones cruciales: la de refutar una de las teorías en competición.¹⁷⁸

Popper sugiere con la cita anterior, que Duhem no tomó en cuenta la posibilidad de definir una hipótesis problemática, y por ello no consideró que las pruebas cruciales funcionaran como experimentos falsadores. Popper únicamente está de acuerdo con Duhem en que estos experimentos no sirven para verificar una teoría, y a diferencia de él insiste en la posibilidad de fragmentar los sistemas teóricos para encontrar el error que refuta al sistema, y así poder sugerir o elegir mejores teorías.

Hasta este punto, es posible ver que Popper asume un nivel tripartita en la refutación: existen dos teorías en competición y el experimento crucial que se propone a partir de un núcleo problemático común a ambas teorías, y que decidirá la refutación de una de ellas. Sin embargo, como expondré a

¹⁷⁶ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 291. “Nunca podemos estar seguros de que ponemos en duda la parte que merece; pero puesto que no buscamos la certeza, esto no importa.” Esta es la respuesta de Popper a la concepción holística planteada por Quine sobre los exámenes empíricos: “[...] concepción que Quine formula (con referencia a Duhem) al afirmar que nuestros enunciados acerca del mundo externo se enfrentan con el tribunal de la experiencia sensorial no individualmente, sino como cuerpo colegiado” Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 291.

¹⁷⁷ Popper, *La lógica de la investigación científica*, p. 83n.

¹⁷⁸ Popper, *Realismo y el objetivo de la ciencia*, p. 228.

continuación, Popper también propone en *Conjeturas y refutaciones* otra modalidad de experimento crucial que se da como una autocrítica o examen de la misma teoría.

4.2 La importancia de los experimentos cruciales, la corroboración y la verosimilitud en el desarrollo de la ciencia

Aunque Popper sostiene a lo largo de su obra que el conocimiento procede a partir de conjeturas y refutaciones, en 1960 escribe un artículo en el que añade un elemento de gran importancia para el desarrollo del conocimiento científico: la verosimilitud¹⁷⁹. No basta con buscar refutaciones a nuestras teorías, sino que es necesario aumentar el contenido de verdad en ellas si lo que buscamos al hacer ciencia es acercarnos a la verdad¹⁸⁰. La noción de verosimilitud corresponde al grado de aproximación a la verdad de una teoría o de un enunciado y este grado de aproximación se mide a partir del contenido de verdad, por ejemplo, diremos que la teoría t_1 es más verosímil que t_2 si hay un mayor número de consecuencias lógicas verdaderas en t_1 , a partir de lo cual, decimos que t_1 tiene un mayor contenido de verdad¹⁸¹. Es necesario aclarar que la verosimilitud responde a aspectos lógicos de la ciencia, mientras que la contrastación y la corroboración tienen que ver con el aspecto metodológico que permite captar el aumento de conocimiento. Para Popper una teoría científica debe ser contrastable, y a medida que aumente su contenido informativo será una mejor teoría, pues se hallaran

¹⁷⁹ Me refiero a “La verdad, al racionalidad y el desarrollo del conocimiento científico”, que actualmente es el capítulo 10 de *Conjeturas y refutaciones*. El mismo Popper señala que introdujo esta noción entre 1959 y 1960, Popper, *Conocimiento Objetivo*, p. 54n. Niiniluoto explica que podemos rastrear tres etapas en la noción de verosimilitud: la primera va de 1960 a 1974 cuando Tichy y Miller publican una refutación a la noción de verosimilitud de Popper. Ilkka Niiniluoto, “Verosimilitud: The Third Period”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 49, No. 1, (Marzo, 1998), p. 1.; En 1970 Popper sustituye la noción de verdad por la de verosimilitud afirmando que “La búsqueda de verosimilitud es, pues, una meta más clara y realista que la búsqueda de la verdad” Popper, *Conocimiento Objetivo*, p. 62. Además hace una distinción entre verosimilitud lógica o cualitativa, y verosimilitud cuantitativa. Ver Popper, *Conocimiento Objetivo*, pp. 58, y 296-301. En las siguientes etapas que menciona Niiniluoto, Popper intentará responder a las objeciones de sus críticos que fueron motivadas en buena parte por la distinción cuantitativa y cualitativa de la verosimilitud, y también por la posibilidad de acercarse a la inducción a partir de esta noción. Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*, pp. 266-269.

¹⁸⁰ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 300.

¹⁸¹ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, pp. 285-286.

más casos improbables que permitan someter a refutación a la teoría en cuestión. Mientras más sean los casos en los que la teoría resista a los exámenes de los contenidos contrastables, será mayor su grado de corroboración, o dicho de otro modo, será una teoría más confiable¹⁸². Así, mientras que la corroboración muestra el grado de confianza que ofrece una teoría que no ha sido falsada, la verosimilitud señala el grado de aproximación a la verdad.

Este nuevo énfasis en la verosimilitud nos lleva a distinguir dos momentos en los que se aplica el experimento crucial de acuerdo con la propuesta de Popper: el primero, en la elección entre dos teorías, y el segundo en la corroboración o refutación de las predicciones de la teoría nueva y el aumento de verosimilitud¹⁸³. Al parecer en los escritos anteriores, Popper se había concentrado en la aplicación de experimentos cruciales para elegir entre dos teorías en competición. Sin embargo, en este nuevo escrito propone a los experimentos cruciales para que sean aplicados en el marco de las predicciones de la nueva teoría, con el objetivo de hacer evidente su éxito a partir de los nuevos test que propone y resiste, y con ello mostrar que esta teoría tiene un mayor contenido de verdad que nos lleva a preferirla entre otras teorías¹⁸⁴.

Por otro lado, Popper señala que existen teorías que sin refutar a las anteriores las superan, ya que más que falsarlas las unifican o simplemente ofrecen explicaciones más satisfactorias o de mayor profundidad (lo que supone un mayor grado de verosimilitud); y la manera de probar que la nueva teoría es superior, es a partir de los intentos de refutación sugeridos por sus propias predicciones y los éxitos que resulten de estos exámenes.

¹⁸² Popper, *Conocimiento objetivo*, p. 29

¹⁸³ La diferencia entre corroboración y verosimilitud es que la primera nos muestra el grado de confianza que nos ofrece una teoría que ha resistido a los intentos de refutación. La verosimilitud se refiere al contenido de verdad de una teoría: una teoría será más verosímil que otra si hace afirmaciones más precisas, si explica más hechos o a mayor detalle, si ha resistido a más tests (si tiene un alto grado de corroboración) o si ha unificado teorías o problemas que habían estado desvinculados. Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 284.

¹⁸⁴ Agassi sugiere que Popper tiene dos teorías sobre el progreso científico: aquella en la que el conocimiento procede a partir de conjeturas, refutaciones y la corroboración, y la segunda es en la que añade el elemento de la verosimilitud. Joseph Agassi, "To Save Verosimilitude", *Mind*, Vol. 90, No. 360, (Octubre, 1981), p. 576.

De acuerdo con este nuevo matiz en su pensamiento, Popper expone tres requisitos presentes en las nuevas teorías que han de refutar o sustituir a las teorías anteriores:

1) La nueva teoría debe ser simple, nueva, poderosa y unificadora. Se pretende que esta teoría describa nuevas relaciones de propiedades, y que sintetice o unifique leyes sobre la estructura del mundo¹⁸⁵. Lo anterior implica que la nueva teoría debe tener un mayor contenido empírico que las teorías anteriores que intentan explicar el mismo fenómeno.

2) La nueva teoría debe ser testable independientemente. Se espera que la teoría pueda hacer nuevas predicciones sobre fenómenos no observados, aparte de que pueda explicar todo lo que la teoría anterior explicaba y ofrecer nuevas explicaciones en los puntos en los que fallaba. Si la nueva teoría propone predicciones novedosas, entonces también debe dar lugar a nuevos exámenes¹⁸⁶.

Popper aclara que estos dos requisitos son necesarios para vislumbrar si la nueva teoría es candidata a ser examinada. El siguiente requisito no es necesario pero se espera que se cumpla con cierta frecuencia, de lo contrario no sería posible el progreso de la ciencia:

3) La nueva teoría debe tener éxitos positivos, es decir debe resistir a exámenes severos que la corroboren:

Es para mí absolutamente claro que sólo a través de estos éxitos temporales de nuestras teorías podemos lograr un éxito razonable al atribuir nuestras refutaciones a partes definidas del laberinto teórico. (Pues tenemos un éxito razonable en esto, hecho que es inexplicable para quien adopte las ideas de Duhem y Quine sobre la cuestión.) Una sucesión ininterrumpida de teorías refutadas pronto nos dejaría perplejos y desanimados, pues no tendríamos ningún indicio acerca de las partes de esas teorías –o de nuestro conocimiento básico- a las cuales atribuir, tentativamente, el fracaso.¹⁸⁷

El progreso de la ciencia se debe en gran medida a los intentos de refutación, pero también a las corroboraciones de una teoría, que aunque sólo

¹⁸⁵ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 294.

¹⁸⁶ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 295.

¹⁸⁷ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 297.

sean temporales, constituyen un requisito para el desarrollo del conocimiento; puesto que el objetivo principal de la ciencia es acercarnos a la verdad es necesario reducir el contenido de falsedad de nuestras teorías encontrando mejores explicaciones e identificando los errores de las teorías anteriores.

[...] las nuevas predicciones exitosas que exigimos a la nueva teoría son idénticas a los tests cruciales que debe aprobar con el fin de adquirir suficiente interés como para considerarla un avance con respecto a su predecesora, y digna de ulterior examen experimental, que puede conducir eventualmente a su refutación.¹⁸⁸

Si la nueva teoría sólo se contentara con corregir los errores de la anterior, no haría otra cosa que “salvar los fenómenos”; pero como Popper señala, esta no es la única forma de aumentar el contenido de verdad. De hecho existen teorías que sin refutar a las anteriores resultan significativas para el desarrollo de la ciencia hacia la verdad, y en estos casos el experimento crucial no sirve entonces para refutar a la teoría anterior, sino que servirá para examinar las nuevas predicciones que surgen de la teoría más reciente y ver si ésta resulta corroborada.

Ni las teorías de Galileo ni las de Kepler fueron refutadas antes de Newton: lo que Newton trató de hacer fue explicarlas a partir de suposiciones más generales y, de este modo, unificar dos campos de investigación hasta ese momento inconexos. Lo mismo puede decirse de muchas otras teorías [...]¹⁸⁹

En este caso, la preferencia de la teoría de Newton frente a la de Galileo y la de Kepler, se explica porque es de mayor profundidad, es decir, es más universal, su contenido empírico es más amplio ya que no sólo contiene las explicaciones de las otras teorías, sino que las amplía y las mejora; y puesto que su alto contenido empírico la hace más sujeta a contrastación y los exámenes que se le aplican resultan en corroboraciones, entonces queda claro que la teoría newtoniana tiene un grado más alto de verosimilitud que las teorías de Galileo y Kepler.

Por un lado, el criterio de verosimilitud, actúa como una medida de aproximación a la verdad que justifica la refutación o la preferencia de una teoría

¹⁸⁸ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 301.

¹⁸⁹ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 300.

de acuerdo con el contenido de verdad o falsedad de cada teoría¹⁹⁰; por otro lado, actúa como una intuición que nos permite vislumbrar si una teoría es potencialmente más verosímil que otra¹⁹¹. La verosimilitud como intuición nos permitirá elegir las teorías que se han de contrastar; mientras que después de haber llevado a cabo el experimento crucial entre ambas teorías, será el criterio para decidir cuál de las teorías es preferible de acuerdo con su contenido de verdad expresado en la estructura lógica de la misma. Finalmente, la teoría que haya resultado vencedora, será sometida a nuevos test cruciales que servirán para buscar motivos de refutación, o bien para aumentar la verosimilitud de la misma conforme a las corroboraciones.

[...] si sólo lográramos refutar nuestra teoría sin obtener algunas verificaciones de predicciones nuevas, podríamos inclinarnos a creer que nuestros problemas científicos se han hecho demasiado difíciles para nosotros porque la estructura del mundo (si la tiene) está más allá de nuestros poderes de comprensión.¹⁹²

Sin duda la noción de verosimilitud como criterio de progreso, tiene una función motivacional en la práctica científica. Pero curiosamente, esta noción es una concesión al método inductivo que Popper rechazaba, puesto que el aumento de verosimilitud depende del mayor número de casos en los que la teoría se sigue corroborando.

Admito que puede haber aquí un matiz de verificacionismo; pero me parece que se trata de un caso en el cual debemos aceptarlo, si no queremos caer en alguna forma de instrumentalismo que considere las teorías como meros instrumentos de exploración.¹⁹³

La ciencia tiende a la verdad pero es imposible tener la certeza de haber llegado a ella, de modo que la única forma de saber que vamos por buen camino son los pequeños éxitos que se muestran en las teorías. Si bien la refutación y la búsqueda del error son los principales motores del desarrollo de la ciencia, puesto que son el punto de partida para la generación de nuevos problemas que exigen nuevas teorías; de acuerdo con Popper, la investigación científica no

¹⁹⁰ Popper, *Conocimiento objetivo*, pp. 53-54.

¹⁹¹ Popper, *Conocimiento objetivo*, p. 58.

¹⁹² Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 298.

¹⁹³ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 302n.

pierde su sentido hacia la verdad gracias a la permanencia de algunas teorías corroboradas; finalmente la concesión que Popper hace al método inductivo, permite la aplicación de la ciencia y nos brinda una clave para admitir que la ciencia puede al menos acercarse al conocimiento de la verdad, o al orden natural, como afirmaba Duhem.

IV. Diferencias y similitudes en el pensamiento de Popper y Duhem con respecto al error y la refutación

En los tres capítulos anteriores presenté las ideas y posturas más significativas de Duhem y Popper que abren paso a la discusión sobre el papel del error en el progreso científico y las posibilidades de la refutación y selección teórica. En este capítulo presentaré los resultados de la comparación del pensamiento de ambos filósofos, abordando los temas de convergencia y analizando las similitudes y diferencias de sus ideas sobre el error y la refutación, con la intención de hacer una evaluación crítica de las propuestas de Duhem y Popper.

1. Sobre la importancia del error en el desarrollo de la ciencia

Duhem y Popper coinciden en que basta un contraejemplo que señale que existe un error, para que un sistema teórico quede refutado; puesto que ambos consideran que los sistemas teóricos son de naturaleza deductiva, queda claro que al menos existe un enunciado falso o un error en la estructura lógica de la teoría. En ambos casos es evidente que el error juega un papel muy importante para el progreso de la ciencia, pues tanto los fallos como la intuición de que puede haber un error motivan la generación de nuevas teorías y experimentos, a fin de encontrar teorías más satisfactorias, más claras y más sencillas que representen o describan mejor a los hechos. Sin embargo, Duhem se inclina por la posibilidad de modificar la teoría antes de rechazarla por completo, por ello, no podemos asumir que Duhem contemple la posibilidad de la refutación conclusiva de una teoría, mientras que Popper advierte que si existe un error la teoría en su conjunto debe ser rechazada, y en el mejor de los casos, sustituida por una teoría completamente nueva.

Esta diferencia se debe a que Duhem apuesta por la parte representativa de la teoría, indicando que los errores se deben principalmente a la parte explicativa (ver Capítulo I, sección 3.3), mientras que para Popper, al sugerir que las teorías describen la realidad, el error se encuentra en las hipótesis de la teoría, de modo que no son los hechos o el experimento los que fallan sino la teoría que pretende describirlos (ver Capítulo III, sección 4.1).

En el caso de Duhem el error es importante para el progreso porque permite mejorar las teorías científicas y generar nuevas interpretaciones más satisfactorias. El error no conduce necesariamente a la refutación de las teorías, ni tampoco es el dato más relevante para la selección teórica, aunque puede ser el punto de partida para una nueva interpretación de la teoría. Para Duhem una teoría satisfactoria es aquella que predice un fenómeno, pero si no lo logra, simplemente sabremos que la teoría no es adecuada para representar determinados hechos, esta teoría puede ser modificada, reinterpretada de acuerdo con el experimento, o abandonada, pero no refutada en su conjunto. Mientras que para Popper el error es importante porque permite seleccionar la teoría que cuente con más corroboraciones y refutar a aquella en la que se haya demostrado que existe un error.

El error para los dos filósofos indica que una teoría en su conjunto no es correcta, o al menos que no lo es para describir o representar determinados hechos. Ser conscientes de la existencia de un error es un paso hacia la verdad o al menos hacia la posibilidad de mejorar nuestras teorías, y es por esta razón que el error puede ser visto como algo positivo. Tanto para Duhem como para Popper el error permite el desarrollo en la ciencia y marca su carácter evolutivo, ya que a partir de él surgen nuevas interpretaciones o propuestas teóricas. Sin embargo, existe una diferencia fundamental que vale la pena resaltar: para estos filósofos el error afecta a las teorías en un grado y una forma significativamente diferente. De acuerdo con la filosofía popperiana, si hay un error, cualquiera que sea, la teoría quedará refutada tarde o temprano, mientras que para Duhem la existencia de un error no implica la refutación conclusiva de la teoría.

2. Sobre la posibilidad de encontrar el error en los sistemas teóricos

Mientras que para Duhem las teorías son representaciones y los sistemas teóricos son de carácter holista, por lo que no es posible asignar el error a alguna de las partes de la teoría; para Popper las teorías son descripciones de los fenómenos y los sistemas teóricos son fragmentables, de modo que es posible asignar el error a una de las partes del sistema o de la teoría. Aunque los dos filósofos son conscientes de que un error en el sistema no implica que todas las hipótesis y teorías que lo integran sean falsas, presentan una solución distinta:

Duhem propone hacer cambios en las teorías; mientras que Popper insiste en la estabilidad independiente de ciertos fragmentos teóricos.

Respecto a la posibilidad de ubicar el error de un sistema teórico, Popper se muestra más optimista que Duhem, y aunque advierte que no es tarea fácil, afirma que existen medios lógicos para encontrar el error: es posible rastrear el error y fragmentar al sistema para poner a prueba las partes más riesgosas; si al llevar a cabo el experimento resulta una contradicción entre los datos empíricos y la teoría, entonces la teoría es falsa y el sistema al que pertenece también.

Por su parte, Duhem asegura que no es posible saber con certeza cuál es la parte de la teoría que presenta defectos, en primer lugar porque difícilmente podemos atribuir el error de un sistema a un enunciado o a una teoría cuando estos conforman una unidad deductiva; y en segundo lugar, en el caso de que diéramos con el enunciado falso, podría ser que éste sólo lo sea respecto al contexto en el que se encuentra. Popper podría estar de acuerdo con Duhem en este punto (que no describe más que las dificultades de las relaciones entre los enunciados de una teoría); sin embargo, existe una diferencia fundamental: para Duhem una teoría no puede ser refutada o verificada empíricamente de manera concluyente, porque no puede ser contrastada directamente por la experiencia mientras que para Popper las teorías no pueden ser verificadas, pero sí pueden ser refutadas por los hechos.

La razón por la que Duhem excluye la posibilidad refutar o de probar la consistencia de una teoría de modo concluyente, es que los experimentos por los que se muestra la correspondencia entre los enunciados y los fenómenos dependen de la interpretación del observador y de un conjunto de presupuestos que provienen de teorías externas a la teoría que se examina; de modo que no podemos tener la seguridad de que el error esté en una parte concreta de la clasificación lógica, si es el resultado de un mala elección de los fenómenos representados, o si se debe a un problema de la interpretación del experimento. Por su parte, Popper afirma que el objetivo de las teorías es describir al mundo, de modo que si en el experimento, los enunciados teóricos no corresponden con los hechos, la teoría es necesariamente falsa puesto que no describe a la realidad. De acuerdo con el pensamiento popperiano, el error se encuentra en la teoría y no en el experimento, afirmación que, como nuestro en los siguientes párrafos, lo

conduce a un realismo ingenuo¹⁹⁴ en lo que respecta al ámbito de la justificación, e incluso lo lleva a una contradicción con respecto a su posición racionalista.

Para Duhem la noción de error tiene un alcance más amplio que la de Popper. En efecto, Duhem concede que puede ocurrir que existan errores en la parte representativa de la teoría, pero al parecer esto se da en casos en los que la teoría no cumple con el requisito de simplicidad. Si como advierte Duhem, la teoría física se forma como una clasificación ordenada y simple, entonces podemos estar seguros de que nuestra teoría será una representación válida (ver Capítulo I, sección 2). De modo que si el investigador sigue correctamente las reglas de la deducción lógica y parte de un pequeño número de principios para hacer su teoría, entonces puede confiar en que en la clasificación lógica de los enunciados de la teoría no habrá errores. Por ello, los errores más que ser equivocaciones en el sistema lógico, son errores de interpretación entre el experimento y la representación. La representación puede ser lógicamente válida, pero de la validez de la teoría no se sigue que sus predicciones correspondan necesariamente con los datos que arroje el experimento, simplemente porque no podemos tener la certeza de que el experimento que hemos elegido sea el más adecuado para probar la teoría, y en segundo lugar porque puede ser que los datos del experimento sean malinterpretados.

Para Popper los errores en las teorías se dan necesariamente como resultado de una hipótesis falsa en el aparato lógico de la teoría, el error no es un problema de interpretación, es un problema de correspondencia entre el enunciado falso y la realidad. El error entonces, será el producto de una equivocación en la deducción de las hipótesis o en la elección de los principios, que saldrá a la luz en la confrontación de dicha hipótesis con la realidad. El problema de la posición de Popper es que asume una confianza plena en que podemos conocer a la realidad en sí misma. Si bien es cierto que Popper advierte que nuestro conocimiento es falible, no tiene en cuenta, al afirmar que los errores

¹⁹⁴ Con realismo ingenuo me refiero a la posición epistemológica que asume la existencia de un mundo externo independiente de nuestro conocimiento (realismo metafísico) y que el conocimiento que tenemos del mundo corresponde exactamente con la realidad, de modo que excluye la intervención de cualquier elemento subjetivo en el conocimiento. Por otro lado, es necesario señalar que Popper era consciente de que el realismo metafísico es indemostrable e irrefutable, sin embargo, en la última etapa de su pensamiento, asume que el realismo es la tesis ontológica que sirve de base para su teoría epistemológica. Ver Popper, "Comentarios filosóficos en torno a la teoría de la verdad de Tarski" en *Conocimiento objetivo*, pp. 288-306.

se originan en la parte lógica de la teoría, que el acto de conocimiento no está exento de cierta subjetividad y que por tanto, también en el experimento refutativo pueden surgir errores derivados de la interpretación del investigador. Sin duda, de la afirmación de que los errores están en la teoría surge una contradicción en el pensamiento de Popper, pues él mismo advierte lo siguiente:

En realidad, la creencia de que podemos comenzar con observaciones puras, sin nada que se parezca a una teoría, es absurda. [...] La observación siempre es selectiva. Necesita un objeto elegido, una tarea definida, un interés, un punto de vista o un problema.¹⁹⁵

La contradicción de Popper, está en que al parecer es consciente de la carga teórica de la observación, pero no la toma en cuenta como una característica del conocimiento presente en la experimentación, asumiendo que los datos empíricos del experimento nos ofrecen un conocimiento exacto de la realidad. Por un lado, su posición racionalista nos indica que siempre hay teorías que anteceden a la observación, o datos que nos indican qué es lo que pretendemos observar en un fenómeno; pero por otro lado nos indica que el experimento basta para refutar a una teoría porque en él se nos manifiesta la realidad misma, sin tener en cuenta que el experimento no está exento de teorías, prejuicios o datos que afectan nuestra interpretación de la realidad. Por el contrario, Duhem asume en todo momento que no podemos estar seguros de encontrar el origen del error en un enunciado o en un dato específico justamente porque nuestro acceso a la realidad está condicionado por nuestras interpretaciones.¹⁹⁶

Aunque Popper afirma que nunca podemos estar seguros de haber encontrado la verdad, asume que sí podemos estar seguros de que una teoría no es verdadera al no corresponder con los hechos. Esta idea marca sin duda el realismo metafísico de la filosofía de Popper, que lo llevará a caracterizar como antirrealista a la filosofía de Duhem. Considero que esta caracterización es

¹⁹⁵ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, pp. 72-73.

¹⁹⁶ Sin duda, esta característica en el pensamiento de Duhem, lo acercan al pensamiento de Hanson y Kuhn, y lo alejan del de Popper. Ver. Norwood R. Hanson, "Observación" en Hanson, *Observación y explicación: guía de la filosofía de la ciencia. Patrones de descubrimiento*, (Madrid, Alianza:1977) , pp.77-112.

inadecuada, puesto que la posición instrumentalista y convencionalista de Duhem no excluye la posibilidad de que las representaciones teóricas lleguen a coincidir con la realidad, ni tampoco excluye que las teorías físicas estén motivadas por el conocimiento de la verdad.

Para Duhem existe una clara distinción entre el ámbito metafísico y el de la teoría física, el objetivo de las teorías como clasificación lógica es ser cada vez más ordenada, lo cual presupone acercarse paulatinamente al orden natural. Sin embargo, Duhem señala que la refutación o verificación de una teoría no puede ser concluyente puesto que la teoría no coincide exactamente con la realidad, ni siquiera pretende ser una descripción de ésta, sino que es sólo una representación de un conjunto de leyes experimentales que coincide con ciertos fenómenos, y muestra de lo anterior es que pueden existir dos teorías que relacionen distintas leyes pero que representen a los mismos fenómenos.

De acuerdo con ambos filósofos existen dos posturas respecto a la posibilidad de encontrar el error:

1) Por intuición, sentido común y experiencia del investigador:

Para Duhem estos medios no bastan para asegurar que se ha encontrado el error, a lo mucho, le dan luz al investigador para modificar la teoría, sin embargo, son los únicos medios que tiene el físico para mejorar las teorías. Para Popper, la intuición puede contribuir a la búsqueda del error, pero existen métodos lógicos que pueden garantizar la efectiva situación del error; y suponiendo que estos métodos no sean suficientes para estar seguros de haber ubicado el error, al someter la parte más sospechosa o improbable a refutación, podremos ver si en realidad se trataba de la parte falsa o no.

2) Por medios lógicos:

Popper asegura que existe la posibilidad de demostrar que existe un axioma o enunciado independiente del conjunto, del cual se derivan los errores. Para Duhem no basta la lógica para ubicar el error, en primer lugar porque las teorías físicas no son sólo el resultado de la deducción lógica de ciertas hipótesis sino también de la interpretación de los fenómenos a partir de éstas.

A pesar de que Duhem insiste en las dificultades para encontrar los errores, advierte que la falsedad de las teorías se encuentra, casi siempre al nivel de la experimentación, no como resultado de la clasificación de leyes, sino como un error en la elección de los fenómenos para ser representados por determinadas leyes. Esto no significa, que la parte representativa de la teoría esté exenta de errores, en este caso el sentido común del científico lo hará intuir que la teoría no corresponde con el orden real; esta intuición no basta para detectar con exactitud la parte imperfecta de la teoría pero es la clave para que el investigador decida modificarla y en algunos casos rechazar incluso al sistema completo. (ver Capítulo I, 3.3) Para Duhem, no existe entonces, una lógica de la investigación como la de Popper, pues dada la naturaleza holística de los sistemas teóricos, no sólo resulta más característico de la investigación el sentido común, sino que es la única vía posible para la eliminación del error y el avance científico.

3. Sobre las posibilidad de selección de teorías

Otra diferencia relevante entre las propuestas de Duhem y Popper es que mientras que el primero rechaza la posibilidad de poner a prueba las hipótesis o teorías aisladas, y más aún, el uso de experimentos cruciales para elegir una de las teorías en competición, el segundo toma a estas pruebas como una herramienta fundamental del progreso científico.

La posibilidad de fragmentar los sistemas teóricos y las teorías, para ubicar las partes falsas o de mayor riesgo es determinante para la propuesta de Popper ya que la científicidad de una teoría depende de que pueda ser refutada, y para poder llevar a cabo el experimento falsador, es necesario aislar las hipótesis que en caso de resultar falsas, refuten al sistema teórico o a una parte del mismo. Es decir, aparte de que las teorías y los sistemas pueden ser refutados, la falsación de los mismos depende de que podamos distinguir el error, pues este error es la condición que permite demostrar, a partir de un experimento crucial, que la teoría o el sistema en su conjunto son falsos. La elección de una teoría frente a otra supone que una es más explicativa, que corrige el error o que tiene los medios para refutar a la anterior.

En el caso de Duhem resulta claro que las teorías no pueden ser fragmentadas, la estructura deductiva de las mismas implica a la teoría física en

general porque una nueva teoría no surge de nuevas conjeturas independientes, por el contrario, siempre toma hipótesis de otras teorías; y cuando una teoría se constituye como una nueva representación de un conjunto de leyes, con mayor probabilidad, los errores de la nueva teoría serán el producto de una mala interpretación o vinculación de las explicaciones con las representaciones. En el caso de Duhem el criterio para elegir una teoría no es que una sea más explicativa que otra, las explicaciones pueden variar e incluso pueden existir diversas explicaciones que coincidan con las mismas leyes. Una teoría podrá ser considerada mejor que otra si es más representativa, es decir, si logra clasificar un gran número de leyes que se deduzcan de pocos principios, de modo que el criterio de selección es el orden y la simplicidad con la que una teoría representa a los fenómenos.

De acuerdo con las propuestas de Popper y Duhem existen cuatro formas posibles de seleccionar teorías:

- 1) Modificación de la teoría para eliminar el error.

Para Duhem ésta sería la forma más frecuente de eliminar el error, puesto que no presupone la refutación de todo el sistema y con ello la eliminación de hipótesis inferidas de otras teorías o sistemas que de acuerdo con el sentido común del científico y su experiencia no tienen que ser refutadas. El resultado sería una teoría más ordenada, es decir, una mejor representación de los hechos.

Para Popper la modificación de algunos enunciados puede ayudar a aumentar el contenido de verdad de una teoría, sin embargo esta forma de eliminar el error sólo “salva los fenómenos”, la teoría alterada únicamente explica mejor los hechos que la teoría original. Es necesario destacar que Popper niega la validez de este método de eliminación del error en repetidas ocasiones, pero en el capítulo 10 de *Conjeturas y refutaciones*, si bien no lo acepta como el método deseable, sí parece reconocerlo como una forma de progreso científico ya que puede aportar mejores explicaciones; sin embargo, las teorías que se forman corrigiendo los errores de otras teorías no aportan nuevas predicciones sujetas a experimentos cruciales, por lo cual, son inferiores a las que aportan nuevos problemas sujetos a falsación (ver Capítulo III, sección 4.2).

2) Unificación de teorías.

Para Duhem la unificación teórica describe la continuidad de la ciencia y el progreso científico, puesto que implica una clasificación cada vez más ordenada de las leyes naturales; las nuevas teorías surgen como una nueva clasificación de leyes que presuponen a muchas de las teorías anteriores. A medida que una clasificación abarca a un número mayor de leyes, no sólo las unifica sino que también hace una representación más simple de las mismas, de modo que se preferirá la teoría más simple y unificadora. Ocurre lo mismo en la opinión Popper, aunque este caso de selección teórica no se da propiamente a partir de la refutación, una teoría que unifica a otras teorías, al ser más general, es más explicativa puesto que aumenta su contenido empírico.

En este punto, la diferencia entre ambos filósofos estriba en que para Duhem este método es el más significativo en el progreso científico, pues deja en evidencia cómo se mantiene lo más fecundo de cada teoría (que es la parte representativa) y el constante rechazo de las falsas explicaciones (ver Capítulo I, sección 3.3); mientras que para Popper este método sólo acentúa el aumento del contenido empírico que una teoría es capaz de explicar. Aunque no es el método de selección teórica más importante para Popper, su relevancia estriba en que una teoría unificadora, al tener un amplio poder explicativo, presenta más instancias testables (ver Capítulo III, sección 4.2).

3) El método de experimentos cruciales a partir de dos teorías en competición.

Las razones por las que Duhem piensa que los experimentos cruciales no pueden probar ni la falsedad ni la verdad de una teoría se desprenden de su concepción holista y representacionista de las teorías físicas: en primer lugar, las pruebas cruciales exigen exámenes empíricos que refutan o verifican una teoría, pero puesto que las teorías son representaciones abstractas de las observaciones de ciertos fenómenos interpretadas a partir de determinadas leyes, éstas no pueden ser probadas ni refutadas empíricamente, las teorías físicas no corresponden con la descripción real de un hecho concreto, ya que las observaciones que el científico hace en el laboratorio están cargadas de una interpretación teórica que determina a los resultados del experimento. En segundo lugar, Duhem no aprueba a los experimentos cruciales porque éstos

eliminan o verifican a todo el sistema teórico y no sólo a la parte que presenta el error. Por un lado, el experimento no basta para asegurar que la teoría vencedora sea verdadera, y por el otro, tampoco basta para asegurar que una de las teorías y todo su sistema merezcan ser refutados por un error que bien podría ser corregido, o ser el resultado de una mala interpretación.

Popper es consciente de que la refutación de una teoría a veces implica la refutación del sistema teórico, pero advierte que la posibilidad de aislar partes del sistema permite la refutación independiente de un conjunto de hipótesis, de tal modo que muchas veces sólo se pone a prueba una parte del sistema y a veces el sistema completo (ver Capítulo III, sección 3). Aunque se refuten todas las hipótesis del conjunto en un contexto teórico, muchas de las hipótesis o teorías que formaban parte del sistema refutado pueden aparecer nuevamente en otro sistema. Así pues, el objetivo del experimento crucial es eliminar teorías o sistemas de teorías que en su conjunto, resulten falsos a partir de una instancia errónea.

Popper está de acuerdo con Duhem en que los experimentos cruciales no son válidos para verificar una teoría, sin embargo, toma estos experimentos como herramienta para seleccionar teorías a partir de la refutación, de tal modo que si una teoría presenta las condiciones para refutar a otra, además de proponer nuevas predicciones y mejores explicaciones, será vencedora y la otra quedará refutada. Este criterio de selección no implica que la teoría vencedora deba darse por verdadera, por el contrario, se espera que otras teorías intenten refutarla, o bien, que la misma teoría proponga nuevos exámenes.

- 4) El método de experimentos cruciales sugerido por la misma teoría que se pretende refutar.

Los experimentos cruciales que Duhem criticaba son los que describí en el punto anterior. Curiosamente, en el marco de estos nuevos experimentos planteados por Popper podemos encontrar muchas similitudes con el pensamiento de Duhem. Por supuesto, estos experimentos dependen en buena medida de la posibilidad de situar el error, pero implican un mayor número de intentos de refutación desde la misma teoría, lo cual podría interpretarse como un análisis lógico más profundo, o por el contrario, como una falta de claridad con respecto a la situación lógica del error.

Por otro lado, los intentos de refutación a partir de las hipótesis de la misma teoría, no sólo tienen como objetivo buscar los posibles errores, sino aumentar el grado de verosimilitud de la teoría. De modo que los casos que resisten la refutación son tomados por Popper como una condición del progreso de la ciencia: las teorías tienen que demostrar su éxito algunas veces para que pueda haber progreso científico aunque éste sea temporal, y esto es posible gracias a los intentos fallidos de refutación, es decir, gracias a los experimentos que en vez de sugerir que la teoría es falsa, aumentan su verosimilitud y muestran que hasta el momento la teoría se mantiene en pie.

Al parecer este método, en el que el experimento es propuesto por la misma teoría a refutar, es el caso ideal de la propuesta popperiana: la teoría en cuestión se presenta como una teoría abierta a la refutación, dispuesta a encontrar en ella misma los errores que pueden abrir paso al progreso científico; y a su vez, los intentos de refutación son también el medio perfecto para dar cuenta de que la ciencia se acerca con éxito a la verdad.

4. Sobre la importancia de la inducción para el desarrollo de la ciencia

Resulta claro que los dos filósofos optan por un método deductivo. En el caso de Duhem, la génesis de las teorías es claramente deductiva, puesto que las nuevas teorías resultan de las hipótesis de otras teorías. Por otra parte, para Popper las teorías resultan también por deducción pero a partir de conjeturas que dicen algo sobre la realidad. También podemos ver que ambos coinciden en su crítica a la inducción como método de verificación y constitución de teorías. Sin embargo, tanto Popper como Duhem conciben cierta necesidad de que las teorías sean probadas por métodos inductivos.

En este punto, aunado a la importancia que asignan al error en la evolución del conocimiento, es en dónde se hacen más evidentes las similitudes entre la propuesta de Duhem y Popper. Esto llama la atención particularmente en lo que a Popper se refiere, pues si bien rechaza a la inducción en la parte descriptiva de la teoría, al igual que Duhem en la parte representativa, la aprueba finalmente como una parte importante del ámbito de justificación, a pesar de haber criticado este aspecto de la propuesta de Duhem.

Sin duda, la verosimilitud es una de las nociones más importantes en la evolución de la filosofía de la ciencia de Popper, dado que presupone nuevos matices respecto a su propuesta inicial (ver Capítulo III, sección 2 y 4.2)¹⁹⁷. A continuación presento las implicaciones de esta noción en la propuesta de Popper con respecto a la filosofía de Duhem, y a la aceptación de la inducción que la noción de verosimilitud supone.

a) Como he explicado, Popper afirma la posibilidad de hallar el error, pero también es consciente de que muchas veces no basta la lógica: “Con frecuencia, lo único que hace adivinar al investigador qué enunciados de T debe considerar inocuos y cuáles necesitados de modificación es su instinto científico (influido, desde luego, por los resultados de llevar a cabo contrastaciones una y otra vez).” (ver Capítulo II, sección 3.1) Y si la teoría ha seguido en pie después de varios intentos de refutación, se hace evidente que el análisis lógico no ha sido una herramienta exitosa para encontrar el error, de modo que para examinar teorías con un alto grado de verosimilitud, el instinto científico tendrá un papel más importante y determinante que la lógica para encontrar el error; por ello, Popper tendría que considerar que a mayor verosimilitud, menor posibilidad de rastrear el error por medios lógicos. Finalmente, Popper admite que el sentido común es un elemento complementario en caso de que la lógica no sea suficiente para hallar el error, mientras que para Duhem es una condición necesaria para la investigación científica y la eliminación de errores en la medida de lo posible.

¹⁹⁷ En términos generales, la noción de verosimilitud se refiere a la verdad relativa de una teoría o de una hipótesis científica. La verosimilitud permite elegir una teoría frente a otra de acuerdo con su grado de aproximación a la verdad: si de t_1 se siguen más enunciados verdaderos, pero no más enunciados falsos que de t_2 o al menos tiene la misma cantidad de enunciados verdaderos pero menos falsos que t_2 , entonces decimos que t_1 es más cercana a la verdad, o bien que es más verosímil que t_2 . Es necesario aclarar que desde que Popper añadió la noción de verosimilitud a su teoría, se suscitaron muchas discusiones que llevaron a Popper a redefinir y matizar dicha noción. Sin duda, el análisis del papel de la verosimilitud en la evolución del pensamiento popperiano y la discusión en torno a esta, resulta muy importante para comprender el último periodo de la filosofía popperiana y conforma un problema relevante en la filosofía de la ciencia. Por lo anterior, y debido a que el análisis mencionado está fuera de los alcances de esta investigación, en este trabajo sólo hago referencia de manera general a la verosimilitud, tomando la definición que Popper da en *Conocimiento objetivo*. Para ver un breve análisis del desarrollo de la verosimilitud y las principales objeciones a la misma Ver. Martínez, *El problema de la verdad en K. R. Popper*.

b) Popper admite que muchas veces no se refuta todo el sistema, sino sólo una parte, y esta parte es sustituible por mejores teorías, lo cual parece ser una concesión al convencionalismo y sus “estratagemas” que anteriormente criticaba (ver Capítulo II, sección 2.1). Aunque en su defensa, Popper podría argumentar que estas teorías pueden ser admitidas en el sistema únicamente si aumentan el contenido empírico y las posibilidades de refutación; pero también es cierto que las nuevas teorías añadidas podrían aumentar el grado de verosimilitud del sistema, y del mismo modo que una hipótesis auxiliar añadida, salvar al sistema de la posible refutación.

c) Por otro lado, al admitir la verosimilitud como una condición del progreso científico, Popper termina concediendo validez y hasta cierto punto necesidad a la inducción en los niveles inferiores de la teoría, aunque esto no contradice su planteamiento refutacionista fundamental:

Admito que puede haber aquí un matiz de verificacionismo; pero me parece que se trata de un caso en el cual debemos aceptarlo, si no queremos caer en alguna forma de instrumentalismo que considere las teorías como meros instrumentos de exploración.¹⁹⁸ (ver Capítulo III, sección 4.2)

Finalmente, al igual que Duhem, Popper reconoce que la inducción es importante para la práctica científica, ya que ambos filósofos terminan describiendo la estructura teórica del mismo modo: el nivel más universal de la teoría es deductivo, y es gracias a la deducción que las teorías pueden desarrollarse, corregirse o refutarse. De modo que, aunque Popper acepte la inducción en este punto, no contradice el método de conjeturas y refutaciones que se da a nivel de la lógica de la investigación (y es por este motivo que en realidad, la pequeña dosis de inductivismo no implica como tal, una concesión al verificacionismo). Pero al nivel de la relación de la teoría con los hechos, las predicciones que corroboran y que permiten poner en práctica a las teorías científicas, son de naturaleza inductiva.

Para Duhem, la inducción utilizada en los experimentos de aplicación permite sacar provecho a las teorías:

¹⁹⁸ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 302n.

Solamente a través de ellos la ciencia puede ayudar a la práctica, pero no es gracias a ellos que la ciencia se crea y se desarrolla.¹⁹⁹ (ver Capítulo I, sección 3.1).

Mientras que para Popper, los experimentos permiten la refutación, y con ello, el desarrollo de la ciencia. Estas corroboraciones indican que las teorías no son simples instrumentos con propósitos pragmáticos, sino que más bien las teorías son intentos serios para encontrar la verdad:

[...] si sólo lográramos refutar nuestra teoría sin obtener algunas verificaciones de predicciones nuevas, podríamos inclinarnos a creer que nuestros problemas científicos se han hecho demasiado difíciles para nosotros porque la estructura del mundo (si la tiene) está más allá de nuestros poderes de comprensión.²⁰⁰ (ver Capítulo III, sección 4.2).

De modo que, para Popper, la inducción es un elemento que nos permite evitar el instrumentalismo cumpliendo con el objetivo de la ciencia que es el acercamiento a la verdad (que coincide con la estructura ontológica del mundo).

Resulta interesante, que esta solución realista de Popper, que permite que los experimentos nos revelen algo acerca de la estructura ontológica del mundo, corresponda con el pensamiento de Duhem quien advierte que las teorías son instrumentos. En todo caso, parecería que de acuerdo con Popper, para evitar el instrumentalismo de la ciencia basta con que la intención del científico sea encontrar la verdad y que considere que las conjeturas corresponden con los fenómenos, en vez de tener como objetivo demostrar la utilidad práctica de las teorías. Pero ya sea que el investigador elija cualquiera de los dos objetivos mencionados, el método es el mismo para ambos fines (para encontrar la verdad o la utilidad), pues únicamente a partir de la práctica de la ciencia es posible darnos cuenta de que la teoría es exitosa o de que existen errores en ella. Aun buscando los errores en la estructura lógica de la teoría, no podemos estar seguros de que verdaderamente se trata de un error hasta no hacer el contraste con los hechos, es decir hasta no hacer un experimento en el que pongamos en práctica a la teoría y esta resulte falsa.

¹⁹⁹ Duhem, *La teoría física, su objeto y sus estructura*, p. 242.

²⁰⁰ Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p. 298.

Sostengo, que el hecho de que una teoría científica se estructure con fines instrumentalistas no necesariamente impide que la ciencia se aproxime a la verdad. Resulta claro que en el pensamiento de Duhem no es incompatible su noción de teorías como instrumento de clasificación, con la intención o motivación de encontrar la verdad. Como he mencionado, el objetivo que Duhem asigna a las teorías físicas no es llegar a ser una imagen nítida de la realidad y que por correspondencia directa con la realidad puedan decirse verdaderas; pero en la medida en que estas teorías se van perfeccionando como instrumentos de clasificación lógica y como representaciones más ordenadas, podrían llegar a corresponder con el orden de la naturaleza:

El orden con el que la teoría clasifica los resultados de la observación no halla su total justificación en sus características prácticas o estéticas; adivinamos además que es, o tiende a ser, una *clasificación natural*. En virtud de una analogía cuya naturaleza escapa a la física, pero cuya existencia se impone como cierta al espíritu del físico, adivinamos que corresponde a un cierto orden supereminente. En resumidas cuentas, el físico deberá reconocer que *sería irracional trabajar en pro del progreso de la teoría física si esta teoría no fuera el reflejo, cada vez más nítido y más preciso, de una metafísica; la creencia en un orden, que trasciende a la física, es la única razón de ser de la teoría física.*"²⁰¹ (ver Capítulo I, sección 2)

Finalmente, tanto para Duhem como para Popper, la posibilidad de la verdad gracias a la existencia de una realidad objetiva, aun siendo una razón oculta para la experiencia y para los resultados de la investigación científica, es lo que motiva el progreso científico, mientras que el error es lo que hace posible que la ciencia progrese. Para Duhem la naturaleza convencional de las teorías, y para Popper el carácter conjetural del conocimiento, impiden que podamos afirmar con certeza la verdad de una teoría. Pero, incluso aceptando la condición falible del conocimiento científico, admiten que la clave para el progreso científico está en el error, pues es gracias a éste que las teorías pueden perfeccionarse o refutarse: la simple intuición de que existe un error nos permite suponer que hace falta seguir investigando para desarrollar mejores teorías.

²⁰¹ Duhem, *La teoría física, su objeto y su estructura*, p. 441.

Conclusiones

La presente investigación me ha permitido aclarar y analizar las similitudes y diferencias que existen entre el pensamiento de Duhem y el de Popper con respecto a la noción de error y refutación, que era el principal objetivo de esta tesis. Sin embargo, al realizar este trabajo me di cuenta de que existen muchos temas y problemas que me quedarán pendientes por analizar y que de uno u otro modo tienen que ver con el error y la refutación en Popper y Duhem.

- La influencia de Duhem en los filósofos postpopperianos:

La propuesta de Duhem, a pesar de ser anterior a la de Popper resulta más cercana y de hecho tiene mayor aceptación en los debates actuales de la filosofía de la ciencia que la filosofía de Popper. Curiosamente Kuhn y Lakatos, que en buena medida han formado su filosofía ya sea a partir de la aceptación de algunos presupuestos popperianos o de la crítica de los mismos, coinciden con Duhem en la mayoría de los puntos de su teoría que Popper no acepta: Kuhn y Lakatos critican el método de refutación conclusiva y los experimentos cruciales tal como los propone Popper, admiten la importancia fundamental de la interpretación y del estudio de la historia de la ciencia, tal como Duhem ya lo sugería.

- La relación entre la abducción de Peirce y el papel del sentido común en el surgimiento y elección de teorías de acuerdo con Duhem.

Si bien Duhem no habla de abducción, parece ser que asume que la generación de una teoría depende de un razonamiento intuitivo sobre la posible explicación de un hecho sorprendente previo a la deducción. Como he explicado en el primer capítulo, para Duhem las nuevas teorías surgen a partir de una conjunción novedosa de leyes físicas para explicar un fenómeno, la novedad de esta teoría es fruto del sentido común del investigador puesto que para la formación de una teoría existen tres elementos fundamentales: la historia de la ciencia y teorías físicas que conoce, el fenómeno que pretende explicar y la intuición o sentido común que permite al investigador dar una hipótesis o explicación posible del fenómeno, antes de llevar a cabo la deducción y el experimento. Parece ser que esta primera intuición o explicación es el resultado de un ejercicio similar o correspondiente a la abducción que proponía Peirce.

- El desarrollo de la noción de verificación en Popper y su influencia en la filosofía de la ciencia actual

Como indiqué en el tercer capítulo de esta tesis, la noción de verosimilitud es de gran relevancia para comprender las últimas etapas del pensamiento popperiano. En primer lugar la introducción de la verosimilitud implica una reinterpretación de su noción de verdad y del paso de su postura desde un realismo epistemológico a un realismo metafísico; en segundo lugar, implica también una reinterpretación del problema de la inducción. A partir de esta noción Popper propone su “teoría del mundo 3”, y surge su doctrina de la propensión en contra de la noción de probabilidad. Por supuesto, una parte muy importante en el estudio de la verosimilitud aparte de sus implicaciones y alcance, son las numerosas críticas y defensas de muchos de sus discípulos y otros filósofos de la ciencia, que llevaron a su vez a que Popper reinterpretara y aclarara su noción de verosimilitud.

Por último, explicaré puntualmente las conclusiones a las que llegué como resultado de esta investigación.

1. La metodología de Popper se reduce a la refutación, mientras que en Duhem hay una clara apertura metodológica implícita en la importancia que da al sentido común y la interpretación. De modo que el tratamiento del error y la metodología propuesta por Popper resulta más restringido que el de Duhem.

Queda claro que para los dos filósofos, el error tiene un papel fundamental en el desarrollo del conocimiento científico. Sin embargo, la importancia que Duhem y Popper dan al error es significativamente distinta: Para Popper el error es la clave esencial de su método de selección teórica, ya que el hecho de que existan errores, implica que la teoría pueda ser refutada. El error permite tomar decisiones concluyentes respecto al rechazo de una teoría y esto se debe principalmente a que asume que las teorías deben de ser adecuaciones de los hechos. Mientras que para Duhem el error es importante, pero no basta para decidir sobre el rechazo de una teoría, justamente porque éstas son representaciones y no pretenden ser descripciones fieles de la realidad; en todo caso, resulta más determinante el sentido común del investigador en la selección, perfeccionamiento y surgimiento de nuevas teorías.

Popper propone un método sistemático de selección teórica en el que apenas se distingue la noción de error de la de refutación (puesto que el error conduce necesariamente a la refutación); mientras que Duhem tiene presente que la existencia de un error no implica necesariamente la refutación, simplemente porque no cree que existan reglas metodológicas universales y completamente objetivas que permitan definir con una fórmula el progreso de la ciencia.

La respuesta de Duhem resulta más sensata, puesto que su postura sugiere que existe una multiplicidad de metodologías entre las que el investigador puede elegir para interpretar las leyes y los fenómenos. Sin duda, Duhem va más allá del racionalismo crítico de Popper, pues al advertir la importancia de la interpretación, tanto en la experimentación como en la construcción de representaciones, permite que la misma metodología pueda ser cuestionada; y aunque no lo sugiere de manera explícita, su propuesta invita a que exista un diálogo intermetodológico, es decir, que a partir de múltiples metodologías se generen, critiquen, prueben y mejoren las teorías.

2. Los dos filósofos conciben al error de modo distinto. Popper ubica al error en los enunciados de la teoría y afirma que es posible encontrarlo por medios lógicos, de modo que el error es una equivocación lógica. Mientras que Duhem afirma que, si bien es posible que existan errores en la representación, por lo general, éstos se originan en la parte explicativa, y puesto que son producto de malas interpretaciones, la naturaleza del error es epistemológica.

Para Popper el error equivale a una equivocación lógica, mientras que la refutación a partir de experimentos cruciales es el método que prueba que efectivamente hay un defecto lógico en la teoría, que no permite que ésta corresponda con los hechos.

Para Duhem, el error tiene una connotación distinta, pues si bien concibe la posibilidad de estas equivocaciones en la clasificación lógica de la teoría, los errores más relevantes para la investigación científica son errores epistemológicos que surgen de un problema de interpretación en el experimento: si la teoría es lógicamente correcta, quizá no sirva para explicar los hechos que queremos explicar, pero no por eso la teoría debe quedar en el olvido, puesto que puede servir para explicar otros fenómenos.

Los dos filósofos afirman que la simplicidad es un requisito de las teorías. Para Duhem, el hecho de que una teoría tome como punto de partida un reducido número de leyes permite que podamos revisar fácilmente el orden lógico de la teoría, evitando las equívocas en la parte representativa. Esta formulación simple y el hecho de que las leyes tomadas para la construcción de la nueva teoría, sean convenciones aprobadas por la tradición científica, permite que podamos confiar en que la nueva representación es válida. Mientras que en el caso de Popper, parecería que existen fuertes razones para desconfiar en las teorías nuevas, porque de acuerdo con este filósofo, las nuevas teorías son fragmentos independientes del conjunto de la teoría física. Y esta afirmación antiholística es lo que le permite refutar teorías sin acabar con el resto de la física. Pero este supuesto junto con su realismo metafísico, lo llevan a suponer que los errores deben de estar en la teoría, de modo que el error es una equivocación lógica, y en cuanto a la correspondencia con los hechos, es un desacierto derivado de una mala descripción de los fenómenos que necesariamente conduce a la refutación.

Por las razones anteriores, afirmo nuevamente que la noción de error en Popper es más restringida que la de Duhem.

3. El hecho de que Popper no admita que a nivel experimental existen teorías o datos subjetivos que condicionan la observación, implica una contradicción con su racionalismo crítico.

El realismo metafísico al que se adhiere Popper implica no sólo la afirmación de una realidad independiente al sujeto, sino también que lo que conocemos del mundo corresponde efectivamente con la realidad. Siguiendo al empirismo lógico, Popper afirma que el enunciado particular de una observación es verdadero siempre y cuando el enunciado corresponda con los hechos, y si no hay correspondencia, entonces el enunciado es falso. A diferencia de los verificacionistas, Popper explica que un enunciado universal no puede ser probado por la repetición de observaciones, pero basta un solo contraejemplo para que el enunciado universal pueda ser refutado, justamente porque la experiencia nos revela un dato real. Sin duda, éste es un buen argumento en contra de quien sostenga un empirismo lógico verificacionista, sin embargo, no puede ser un buen argumento para quien sostenga que nuestras observaciones están determinadas, al menos parcialmente por nuestras creencias, teorías y por

objetivos que limitan nuestras observaciones. De aquí resulta una contradicción en el pensamiento de Popper, porque admite a la vez un empirismo lógico y un racionalismo que advierte que todas nuestras observaciones están guiadas por ciertas preconcepciones. De modo que, aunque Popper afirma que a toda observación le antecede una teoría, no sostiene lo mismo al mostrar plena confianza en que las observaciones del experimento corresponden con la realidad misma. Popper no considera la posibilidad de que los resultados de un experimento crucial refutativo puedan estar influidos por la subjetividad o por otros datos y teorías que limiten a las observaciones, y que por tanto la refutación no pueda ser concluyente.

4. Finalmente, Popper admite al igual que Duhem, que la refutación no es el único método de progreso científico, sino que es posible que una misma teoría se mantenga mientras se haya eliminado de ella el error, o bien, que a partir de la unificación de otras teorías surja una nueva teoría más simple que logre describir (para Popper) o representar (de acuerdo con Duhem) mejor a una serie de fenómenos. Sin embargo, para Popper el modelo ideal de progreso científico sigue siendo la refutación.

Resulta interesante ver que Popper llega a la misma conclusión que Duhem respecto a las diferentes formas en las que la ciencia se desarrolla, al hacer un análisis histórico de la misma.²⁰²

Aunque Popper admite que en la historia de la ciencia existen diversos ejemplos de progreso en los que la refutación no ha sido protagonista, los experimentos cruciales siguen siendo la mejor manera para seleccionar teorías, no sólo porque estos experimentos ponen en evidencia la falsedad de las teorías, sino porque también nos pueden dar luz sobre el grado de confiabilidad de una teoría a partir de las corroboraciones obtenidas en los experimentos. Estas consideraciones me permiten afirmar que en la última etapa de su pensamiento, Popper muestra una mayor apertura en la metodología: la refutación no es el único método que describe el progreso histórico de la ciencia; y de esta afirmación, se sigue que la refutación no puede ser el único criterio para sostener que una teoría es o no científica. Sin embargo, aunque la refutación ya no pueda

²⁰² Por ejemplo: las teorías de Galileo y Kepler no fueron refutadas por la teoría de Newton, sino que fueron unificadas y explicadas a partir de supuestos más generales. Ver este y otros ejemplos en Popper, *Conjeturas y refutaciones*, p.300.

ser considerada como la descripción del quehacer científico, considero que la nueva función que Popper da la refutación resulta acertada para fines éticos. Popper sugiere una ética científica que toma como valor fundamental la búsqueda de la verdad a partir de una investigación comprometida con la búsqueda del error. Sin embargo, creo que su propuesta sería más acertada si deja de tomar a la refutación conclusiva como la única manera de eliminar el error.

5. Considero que Popper no logra caracterizar a la filosofía de Duhem de modo adecuado, principalmente porque el instrumentalismo de Duhem no sugiere que la verdad sea ajena a los objetivos de la ciencia como Popper afirma.

Una de las principales dificultades de esta investigación, fue que en diversos textos Popper critica al instrumentalismo y al convencionalismo de manera general. Aunque menciona que Duhem es uno de los representantes más sobresalientes del convencionalismo y el instrumentalismo, no distingue las características particulares de estas posiciones en su filosofía, de las del resto de los convencionalistas e instrumentalistas.

Popper ignoró o no le dio importancia a las afirmaciones explícitas que Duhem hace respecto al papel motivacional de la verdad en el quehacer científico y la posibilidad de que las clasificaciones lógicas se acerquen paulatinamente al orden natural. El problema es que bajo el supuesto del realismo metafísico que sostiene Popper, resultaría absurdo que las teorías de la ciencia no pretendan ser descripciones de los hechos, y si no es éste su objetivo, entonces no buscan la verdad. El error de Popper en este punto está en que restringe el acceso a la verdad de acuerdo con las intenciones del investigador. Pero en la ciencia la intención no es lo que le da valor a una teoría, sino que más bien, ésta se juzga por sus resultados. El hecho de que una teoría sea construida con fines de utilidad y no con la expectativa de acercarse a la verdad, no impide que la teoría instrumentalista pueda encontrar la verdad o acercarnos a ella. El instrumentalismo que sostiene Duhem abre la posibilidad de que las teorías sean cada vez más cercanas al orden natural, es decir, a la realidad; e insiste en que el trabajo científico sería absurdo si no existiera al menos la motivación de que sus resultados puedan ser verdaderos.

El instrumentalismo no implica una postura ontológica antirrealista, tampoco supone un escepticismo y no se opone a la posibilidad de llegar a la verdad. Simplemente supone que las teorías son instrumentos de predicción o de representación de ciertos fenómenos, pero esto no impide que las teorías que resulten de una concepción instrumentalista de la ciencia puedan ayudarnos a encontrar la verdad.

Por último me gustaría agregar un comentario. En general, me parece que Popper no supo reconocer que muchas de las respuestas que él buscaba ya estaban dadas y estudiadas por Duhem. Como advertía Duhem, la refutación como método conclusivo para abandonar teorías resulta muy radical y costoso para ciencia, porque supone el rechazo de muchos conocimientos que pueden ser valiosos, aparte de que excluye la posibilidad de estudiar a la teoría por métodos alternativos y la oportunidad de revisar a esta teoría para mejorarla antes de darla por falsa. De lo anterior resulta una grave contradicción en la propuesta falibilista y crítica que propone Popper: al parecer ni siquiera se cuestiona la posibilidad de criticar a su propio método.

A pesar de todos los fallos que he encontrado en la propuesta popperiana a partir de la comparación de la propuesta de Duhem y del estudio de las críticas que Popper hace a ésta, me parece que sigue siendo importante estudiar su filosofía porque sin duda señala una buena parte de los problemas más relevantes para la filosofía de la ciencia, y principalmente porque su propuesta refutacionista dio inicio a una importante tradición filosófica que se concentra en el error como elemento fundamental de la investigación y el surgimiento de teorías. Como mencioné en la introducción, es verdad que Peirce y Duhem ya habían puesto énfasis en el error, pero no fue hasta el pensamiento de Popper, que al error formó parte de las discusiones de la filosofía de la ciencia como un elemento clave del progreso científico.

Bibliografía

Agassi, Joseph. "To Save Verosimilitude". *Mind*, Vol. 90, No. 360, (Octubre, 1981): 576-579.

Ariew, Roger. "The Duhem Thesis". *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 35, No. 4 (Diciembre, 1984): 313-325.

Ariew, Roger y Barker, Peter. "Duhem on Maxwell: A Case-Study in the Interrelations of History of Science and Philosophy of Science". *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Vol. 1, (1986): 145-156

Artigas, Mariano. *Filosofía de la ciencia*. Navarra: EUNSA, 1999.

------. "E. Mach y P. Duhem: El significado filosófico de la historia de la ciencia", Edición de S. L. Jaki, C. Sánchez del Río, J. A. Janik, J.A. Gonzalo y M. Artigas. *Física y religión en perspectiva*. Madrid: Rialp, 1991.

Baker, Joanne. *50 cosas que hay que saber sobre física*. Traducción de Blanca Rivera de Madariaga. Barcelona: Ariel, 2010.

Bowler, Peter J., y Rhys Morus, Iwan. *Panorama general de la ciencia moderna*. Traducción de Joan Soler. Barcelona: Crítica, 2007.

Brenner, Anastasios., Deltete, Robert., Needham, Paul. y Stump, David J. "New perspectives on Pierre Duhem's The aim and structure of physical theory". *Metascience* Vol. 20, (2011) 3: 1-25.

Cíntora, Armando. *Los presupuestos irracionales de la racionalidad*. México: UAM, 2005.

Clifton, Perry. Jones, Gary. "Popper, Induction and falsification". *Erkenntnis*, Vol. 18, No. 1 (Jul., 1982): 97-104.

Comte, Augusto. "Discurso sobre el espíritu positivo". En *La filosofía positiva*. Compilación de Francisco Larroyo. México: Porrúa, 2003.

Coulston, Charles. *Dictionary of scientific biography*. Nueva York: Charles Scribner's Sons, 1971, vol. IV.

Darling, Karen M. "Motivational Realism: The Natural Classification for Pierre Duhem". *Philosophy of Science*, Vol. 70, No. 5 (2003): 1125-1136.

Diéguez, Antonio J. "Realismo y antirrealismo en la discusión sobre la existencia de los átomos". *Philosophica Malacitana*, Vol. 8 (1995). 49-65.

Duhem, Pierre. *La teoría física, su objeto y su estructura*. Traducción de María Pons Irazazábal. Barcelona: Herder, 2003.

------. *To Save the Phenomena, an essay to the idea of physical theory from Plato to Galileo*. Traducción de Edmund Doland and Chaninah Maschler. Chicago: The University of Chicago Press, 1969.

Glenn, Joy. "Instrumentalism: A Duhemian Reply to Popper", *Modern Schoolman: A Quarterly Journal of Philosophy*, Vol. 52 (1975): 194, 199.

Hanson, Norwood R. *Observación y explicación: guía de la filosofía de la ciencia. Patrones de descubrimiento*. Madrid: Alianza, 1977.

Hernández, Oscar. " El convencionalismo en Pierre Duhem y Henri Poincaré" *Revista Filosofía Univ.Costa Ric*, Vol. XL, No. 100 (2002): 53-62.

Hon, Giora. "An Attempt at a Philosophy of Experiment". En Maria Carla Galavotti. *Observation and Experiment in the Natural and Social Sciences*. Nueva York: Kluwer Academic Publishers, 2003.

------. "Can Error Implies Existence?". *Philosophy and Theology*, Vol.18, No. 2 (2006). 201-218.

------. "Putting Error to (Historical) Work: Error as a Tell-tale in the Studies of Kepler and Galileo". *Centaurus*, Vol 46, No. 1 (febrero 2004): 58-81.

Hume, David. *Tratado de la naturaleza humana*, Traducción de Vicente Viqueira. México: Porrúa, 2005.

Jaki, Stanley. *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*. Paises Bajos: Martinus Nijhoff Publishers, 1987.

Kant, Immanuel. *Crítica de la razón pura*. Traducción de Pedro Ribas. México: Taurus, 2006.

Kant, Immanuel. *Prolegómenos a toda metafísica del porvenir*. trad. Francisco Larroyo. México: Porrúa, 2003.

Karstens, Bart. *Conceptualization of the notion of error in historiography of science: two main approaches and their shortcomings*. Leiden, Lorentz workshop: 'Error in the Sciences' (2011). [Citado el 5 de enero de 2013] disponible en <http://www.lorentzcenter.nl/lc/web/2011/460/presentations/index.php3?wsid=460&type=presentations>

Keeler, Leo W. *The Problem of Error From Plato to Kant*. Roma: Pontificia Universitas Gregoriana, 1934..

Malacara, Daniel. *Óptica básica*. México: FCE, 2004.

Marcos, Alfredo. "Pierre Duhem y el positivismo", *Foro internacional sobre Positivismo y Ciencias Sociales*. Bogotá: Universidad Externado de Colombia, 2003. [citado el 21 de septiembre de 2012] disponible en www.fyl.uva.es/~wfilosof/webMarcos/#libros

Martínez, J. Francisco. *El problema de la verdad en K. R. Popper: Reconstrucción histórico-sistemática*. España: Netbiblio, 2005.

Mayo, Deborah. *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. Chicago: University of Chicago Press, 1996.

Mayo, Deborah. y Spanos, Aris. *Error experimental reasoning, and Reliability, and the Objectivity Inference and Rationality of Science. and the Growth of Experimental Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press, 2010.

Niiniluoto, Ilkka. "Verosimilitude: The Third Period". *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 49, No. 1, (Marzo, 1998): 1-29.

Okasha, Samir. *Philosophy of Science: A Very Short Introduction*. Nueva York: Oxford University Press, 2005.

Peirce, Charles S. en *Collected Papers of Charles Peirce*. Edición de Charles Hartshorne y Paul Weiss. Cambridge: Harvard University Press, 1931-1958.

Popper, Karl. *Conjeturas y refutaciones*. Traducción de Nestor Miguez. Barcelona: Paidós, 1972.

------. *Conocimiento objetivo*. Traducción de Carlos Solís Santos. Madrid: Tecnos, 2005.

------. *En busca de un mundo mejor*. Traducción de Jorge Vigil Rubio. Barcelona: Paidós, 1996.

------. *Los dos problemas fundamentales de la epistemología. Basado en Manuscritos de los años 1930-1933.* Traducción de Ma. Asunción Albisu Aparicio. Madrid: Tecnos, 2007.

------. *La lógica de la investigación científica.* Traducción de Victor Sánchez de Zavala. Madrid: Tecnos, 1977.

------. *La sociedad abierta y sus enemigos.* Traducción de Eduardo Loedel. Barcelona: Paidós, 2006.

------. *Realismo y el objetivo de la ciencia. Post Scriptum a La lógica de la investigación científica.* Edición de. W.W. Bartley III. Traducción de Marta Sansigre Vidal. Madrid: Tecnos, 2011.

------. *Sociedad abierta, universo abierto. Conversación con Franz Kreuzer.* Traducción de Salvador Mas Torres. Madrid: Tecnos, 2002.

Salvatico, Luis. *Depurando e mecanicismo moderno: análisis de filosofías naturales del siglo XVII a partir de una noción teórica.* Córdoba: Encuentro, 2006.

Velasco, Ambrosio. "La racionalidad científica en Duhem y Popper: buen sentido o reglas metodológicas". En *Alcances y límites de la racionalidad del conocimiento.* Compilación de Teresa Santiago. México: Signos, 2000.

Von Metternheim, Christoph. *Popper versus Einstein: On the Philosophical Foundations of Physics,* Traducción de Paul Siebeck. Tübingen: Mohr Siebeck, 1998.

Weber, Marcel. "The Crux of Crucial Experiments: Duhem's Problems and Inference to the Best Explanation". *British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 60 No. 1 (Marzo 2009): 19-49.

Wisdom, J.O. "Four Contemporary Interpretations of the Nature of Science". *Foundations of Physics*, Vol. 1, No. 3 (1971). 269-284.

Worrall, John. "Scientific Realism and Scientific Change". *The Philosophical Quarterly*, Vol. 32, No. 128 (Julio 1982): 201-231.