UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
FACULTAD DE CIENCIAS
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS

FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

EL TESTEO DE HIPÓTESIS SEGÚN PIERRE DUHEM: ALGUNAS CONSIDERACIONES DE LA LÓGICA DE LA PRÁCTICA EXPERIMENTAL

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

PRESENTA:
MIGUEL AGUSTÍN AGUILAR SANDOVAL

TUTOR PRINCIPAL
DR. GODFREY ERNESTO GUILLAUMIN JUÁREZ (UAM)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR
Dr. SERGIO FERNANDO MARTÍNEZ MUÑOZ, (IIF-UNAM)
Dr. SAHEN HACYAN SALERYAN, (IF-UNAM)
DR. AMBROSIO VELASCO GÓMEZ (IIF-UNAM)
DRA. FERNANDA SAMANIEGO (FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS UNAM).

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX., JULIO 2024

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

UNAM
POSGRADO
Filosofía de la Ciencia

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROPUESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Graduación con trabajo escrito)

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción 1, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado ***El testeo de hipótesis según Pierre Duhem: algunas consideraciones de la lógica de la práctica experimental*** que presenté para obtener el grado de **Doctorado** es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por mi programa de posgrado, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de graduación.

Atentamente

Miguel Agustín Aguilar Sandoval

408034034

Agradecimientos

Al terminar este trabajo quiero expresar mi sincero agradecimiento a las personas e instituciones que contribuyeron, de una manera u otra, a su realización.

Agradezco a Dios y a mi familia por acompañarme a lo largo de mi vida y, en especial, durante estos últimos años. Agradezco a mis padres Luis Enrique Aguilar y María Teresa Sandoval por su apoyo incondicional, a mis hermanos Teresa y Luis por su amistad, humor y compañía. También agradezco a mis tíos y primos que, en distintas formas, me han acompañado a lo largo de mi vida. Y, aunque ya no estén aquí, agradezco a mis abuelos y a mi tío Gerardo por todo su cariño durante mis primeros años y los recuerdos que compartimos.

Entre mis profesores agradezco en especial a mi director de tesis el Dr. Godfrey Guillaumin, por su atención, apoyo y paciencia durante estos años. Ha sido un privilegio para mí contar con su guía. También, agradezco a los profesores miembros de mi comité tutor: el Dr. Sergio Martínez, el Dr. Sahen Hacyan, el Dr. Ambrosio Velazco y la Dra. Fernanda Samaniego por su tiempo y dedicación, así como sus valiosos comentarios y observaciones. Además, quisiera mencionar al Dr. José Ernesto Marquina Fábrega cuyas fascinantes clases de licenciatura me motivaron a escoger un posgrado en filosofía de la ciencia. Decisión que nunca he lamentado.

He tenido la fortuna de contar con el acompañamiento y apoyo de más amigos de los que puedo mencionar, a todos ellos les agradezco haberme permitido compartir tantos momentos agradables durante estos años.

Agradezco, finalmente, a la UNAM y al programa de becas del CONACHYT que me dieron la oportunidad de dedicarme de tiempo completo a mis estudios durante los años del posgrado.

A todos, mi sincero agradecimiento

INDICE

INTRODUCCIÓN GENERAL **1**

PIERRE DUHEM Y EL *TESTEO* DE HIPÓTESIS 1

DUHEM Y LOS AUTORES DE SU ÉPOCA 5

DUHEM EN LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA RECIENTE 9

OBJETIVO 12

CONTRIBUCIÓN 15

ESTRUCTURA 16

PRIMERA PARTE:

EL *BON SENS* DE DUHEM EN LA LITERATURA CONTEMPORÁNEA **19**

Capítulo 1. Algunas dificultades en la filosofía de la ciencia contemporánea en la interpretación del *testeo* de hipótesis en Duhem **20**

1.1 La literatura sobre "el problema de Duhem" desde mediados del siglo XX 22

1.2 El análisis del *bon sens* en la literatura desde la segunda mitad del siglo XX 30

1.3 El *bon sens* como epistemología de la virtud en la literatura reciente 35

1.4 Limitaciones de las interpretaciones del *bon sens* en epistemología de la virtud y en otras propuestas recientes 41

SEGUNDA PARTE:

CONTEXTO HISTÓRICO DE LA FÍSICA DE DUHEM **49**

Capítulo 2. De principios a hipótesis en la mecánica de Heinrich Hertz y sus antecedentes **50**

2.1 Kant y los principios a priori de la ciencia 52

2.2 Helmholtz y los fundamentos de la geometría 56

2.3 Helmholtz y el concepto de fuerza 61

2.4 El juicio inductivo de acuerdo con Helmholtz 63

2.5 La investigación de Hertz en electromagnetismo 66

2.6 Los Principios de la Mecánica de Hertz 69

Capítulo 3. El uso de hipótesis físicas en Mach y Boltzmann **82**
3.1 Ernst Mach: La ciencia como adaptación 84
3.2 Mach sobre el conocimiento instintivo 90
3.3 Mach y las hipótesis del atomismo 95
3.4 Ludwig Boltzmann: El éxito práctico como prueba lógica 101

Capítulo 4. Generación y evaluación de hipótesis: Poincaré y Peirce **112**
4.1 El convencionalismo de Henri Poincaré 114
4.2 La elección de convenciones de acuerdo con Poincaré 123
4.3 Charles Sanders Peirce sobre el *buen sentido*: La experiencia familiar (cotidiana) y la experiencia especial (científica) 128
4.4 Peirce sobre la abducción o hipótesis 132

TERCERA PARTE:
***SENS COMMUN* Y *BON SENS* EN PIERRE DUHEM** **139**

Capítulo 5. *Experiencia cotidiana* y *experiencia en la física* según Duhem: Inducción y deducción **140**
5.1 El rechazo de Duhem al método newtoniano y su posición respecto de la inducción 142
5.2 Las leyes y conceptos de la física y de la experiencia cotidiana según Duhem 147
5.3 Las leyes experimentales y las leyes simbólicas según Duhem 151
5.4 La traducción de las leyes experimentales en leyes simbólicas según Duhem 155
5.5 La deducción en la física según Duhem 162
5.6 El razonamiento matemático según Duhem 168

Capítulo 6. El testeo de hipótesis y el concepto de *bon sens* de Duhem **172**
6.1 El holismo, los experimentos cruciales y el *bon sens* 174
6.2 Primer ejemplo: El experimento de Wiener 177
6.3 Segundo ejemplo: El experimento de Foucault 179
6.4 La importancia y necesidad del *testeo* de las hipótesis para Duhem 181
6.5 La elección de *bon sens* 190
6.6 La distinción *bon sens* vs *sens commun* 194
6.7 El *bon sens* como juicio de la experiencia cotidiana 200

Capítulo 7. El *bon sens* como juicio de la práctica **207**

7.1 Si el *bon sens* pertenece al ámbito de la experiencia cotidiana ¿cuál es su relación con la física? 209

7.2 El *bon sens* implica una valoración, pero ¿en qué consiste y de qué tipo es dicha valoración? 211

7.3 Duhem describe al *bon sens* como un tipo de sentimiento o intuición que resuelve la elección de hipótesis, pero ¿a qué se refiere con ello? 216

7.4 John Dewey sobre la investigación empírica, el concepto de situación y el pensamiento cualitativo 220

7.5 La respuesta de Dewey a la primera cuestión que Duhem deja abierta 225

7.6 John Dewey sobre el juicio práctico y la valoración que implica 228

7.7 John Dewey sobre la intuición en el proceso de investigación 231

Capítulo 8. El rechazo de Duhem a la relatividad de Einstein **243**

8.1 Las hipótesis del éter y los experimentos de testeo 244

8.2 La relatividad especial de Albert Einstein 246

8.3 Coincidencias entre Duhem y Einstein 251

8.4 El rechazo de Duhem a la relatividad y algunas de sus interpretaciones 254

8.5 Los conceptos de la relatividad como representación inadecuada, según Duhem 262

8.6 La separación entre los conceptos de la física y los del *sens commun* después de Einstein 265

Conclusiones **269**

Bibliografía **289**

INTRODUCCIÓN GENERAL

> "...los filósofos/físicos de finales del siglo XIX conformaron una gran época dentro del pensamiento filosófico, un período cuyas sugerencias innovadoras fueron impulsadas por una intrigante combinación de observación empírica cuidadosa e ingenio táctico. Ellos se dieron cuenta de que las crudas "intuiciones" de sillón y de las doctrinas metafísicas, tal como éstas se habían consolidado en su tiempo, estaban siendo obstáculos para mejorar a la ciencia. Este reconocimiento condujo a ideas sobre una metodología sólida que vale la pena revivir hoy. Sin embargo, para sacar provecho de su sabiduría, es necesario corregir un cuerpo significativo de folclore defectuoso…" (Wilson, 2021, p.11)[1]

PIERRE DUHEM Y EL *TESTEO*[2] DE HIPÓTESIS

Uno de los autores que más contribuyó a la filosofía de la ciencia a finales del siglo XIX e inicios del XX fue Pierre Duhem (1861-1916). Pero a pesar de que sus contribuciones datan de hace más de cien años, aún hay aspectos de estas que no se han analizado y explorado suficientemente. Pocos estudios sobre Duhem, por ejemplo, analizan si sus argumentos *sobre el testeo de hipótesis* adquieren un significado diferente al que tradicionalmente se les ha dado si se considera la situación en que se encontraba la física de su época.[3] Posiblemente son pocos los estudios en filosofía de la ciencia que hacen esto debido a que se suele asumir que la metodología, la epistemología y la *lógica* de la investigación científica son estáticas. Es decir, solemos asumir que la manera de investigar a la naturaleza (el método científico) es igual hoy en día como lo fue en la época de Duhem o incluso la de Galileo. Si esto fuera así, no tendría caso preguntar si los argumentos de Duhem sobre

[1] La traducción de esta cita es mía, como también aquellas a lo largo de este texto para las cuales no se indique un traductor en las referencias.

[2] Aunque el término '*testeo*' es un anglicismo, lo utilizaré a lo largo de esta tesis puesto que lo considero más adecuado que la alternativa 'prueba' en castellano. El motivo es que el término 'prueba' resulta más ambiguo que el de '*testeo*'.

[3] Hay importantes estudios que analizan varios aspectos de la filosofía de la ciencia de Duhem considerando el estado de la física de su época. Por ejemplo, los estudios de Roger Ariew y Peter Barker (1986), Stefano Bordoni (2012), Marie Gueguen y Stathis Pasillos (2017), Michael Liston (2017), José R. N. Chiappin y Cassio Consta Laranjeiras (2017), João Principe (2017), Mark Wilson (2017), entre otros. Sin embargo, en la mayoría de los casos, estos estudios no analizan primariamente la concepción de Duhem sobre el *testeo de hipótesis*, sino que se dirigen hacia otros aspectos, como su antirrealismo, su rechazo a los modelos que él asociaba con la física británica, etc. Notablemente, los argumentos de Duhem que más ha influido en la filosofía de la ciencia posterior, sobre el testeo de hipótesis, no suelen ser discutidos en el contexto histórico de la física de la época. Aun así, los motivos por los que considero que los temas que analizan autores mencionados son distintos al tema de esta tesis los expondré en el capítulo 6.

el *testeo de hipótesis* estaban motivados por la situación específica en que se encontraba la física de su época; sería lo mismo que preguntar si la ciencia actual o de cualquier periodo motiva argumentos similares. Sin embargo, hoy en día parece poco factible asumir una imagen tan rígida de la investigación científica. Si consideramos razonable pensar que la manera de investigar a la naturaleza cambia, entonces también es razonable indagar si las reflexiones de Duhem fueron respuestas a cambios específicos en la práctica de la física de su época.

En las últimas décadas se han producido investigaciones históricas que muestran que la manera de entender la metodología de la ciencia cambió significativamente durante el siglo XIX.[4] Podría parecer, aun así, que muchos de los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* son suficientemente generales como para que tenga sentido asociarlos con la física de una época específica. Sin embargo, dichos argumentos suelen ser más complejos de lo que parecen a primera vista. Los análisis de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* en física parecen engañosamente simples, pero han generado mucha discusión, así como una amplia y creciente literatura.

Aparentemente, no hay nada más obvio que afirmar que las *hipótesis* (o sus consecuencias) deben someterse a *test* mediante algún experimento. No basta concebir las hipótesis, o sólo enunciarlas, sino que deben ser consistentes con algún resultado experimental. Sin embargo, Duhem señaló que hay dificultades *lógicas* que se presentan al intentar llevar a cabo un *test* de este tipo. De acuerdo con Duhem, para hacer un *experimento de testeo* en física, se debe utilizar implícitamente un conjunto amplio de teorías y supuestos. Esto implica que, si los resultados del experimento son contrarios a los que esperaríamos ver en caso de que la *hipótesis* fuera correcta, no necesariamente significa que ésta sea errónea. La causa de los resultados recalcitrantes bien podría estar en el conjunto de teorías y supuestos adicionales. Además, Duhem señalaba que, aun si pudiéramos determinar sin ambigüedad que una *hipótesis* es errónea, esto no implica que sepamos cuál otra *hipótesis* sí es correcta. De lo anterior, Duhem concluyó que no hay *experimentos cruciales* en física, es decir, experimentos que permitan determinar sin ambigüedad cuál de dos (o más) *hipótesis* es la correcta. De acuerdo con Duhem, tras

[4] Un ejemplo es el trabajo de Henry Cowles (2020).

encontrar un resultado recalcitrante en un *experimento de testeo*, sólo el uso del *bon sens* nos permite concluir si debemos abandonarla o no.[5]

Las dificultades lógicas que Duhem señala pueden parecer claras (aunque no su solución, ya que *bon sens* es un término ambiguo), sin embargo, su complejidad se puede apreciar en la diversidad de maneras en que se han formulado en la literatura.[6] Lo que se ha llamado el '*problema de Duhem*' puede incluir muchas cosas diferentes: desde la *subdeterminación de teorías por la evidencia* hasta la dificultad de identificar errores experimentales.[7] Del mismo modo, su solución, el uso del *bon sens*, también se ha interpretado de muchas maneras.[8] Las formulaciones que se dan a los argumentos de Duhem en la filosofía de la ciencia actual son sorprendentemente diversas y cada una puede ser interesante en sí misma; sin embargo, hay que notar que la mayoría lo elabora de maneras muy diferentes a la del propio Duhem. Esto no necesariamente constituye un defecto, pero es posible que haya aspectos importantes de los argumentos de Duhem que adquieran un significado diferente al que se le atribuye en la literatura actual si consideramos el contexto de las discusiones de su época sobre el *testeo de hipótesis* en física.

Las discusiones entre autores de la época de Duhem interesados en la física, respecto del *testeo de hipótesis*, es potencialmente relevante para esclarecer sus argumentos, ya que el mismo Duhem señaló, al inicio de su libro *La teoría física: su objeto y estructura*, que sus reflexiones fueron inspiradas por la práctica de la física. Es decir, parece natural preguntar qué reflexiones, si hubiera algunas, generó la práctica de la física en otros autores de la misma época sobre el *testeo de hipótesis* y si éstas arrojan luz sobre

---

[5] En lo que sigue usaré el término francés original '*bon sens'* debido a que la traducción al español "buen sentido" genera algunas dificultades como se verá.

[6] Gerald J. Massey ha señalado que Duhem veía sus argumentos sobre el *testeo de hipótesis* como parte de un análisis *lógico* del método de la física matemática, pero reconoce que no hay consenso acerca de cuál es dicho método. "En vista de la presunta simplicidad de su análisis lógico… uno esperaría encontrar consenso académico acerca de cuál considera Duhem que es el método de la física matemática. Pero, como veremos, esta expectativa queda muy defraudada" (Massey 2011, p.239).

[7] Veremos en el capítulo 1 que, por ejemplo, Karl Popper (1963/1983 p.147, n.26) describe el problema de Duhem como una dificultad para la *verificación* de teorías, Jamie Shaw (2020) entiende el problema como el de decidir sobre el *abandono* de hipótesis, W. V O. Quine (1961, p.41) lo entendió como el de *subdeterminación* de teorías, Deborah G. Mayo (1996) lo interpreta como el problema de *identificar un error*, Marcel Weber (2009) como el problema de llevar a cabo un *experimento crucial* e Ivanova (2021) como un problema que concierne a los límites de la *lógica deductiva*.

[8] Por ejemplo, Lakatos describe al *bon sens* como un criterio subjetivo sobre la simplicidad de las hipótesis, Roger Ariew (1984) lo asocia como un criterio sobre qué hipótesis es *ad hoc*, R. N. D. Martin (1991) como un juicio que complementa a la lógica, Jamie Shaw (2020) como un juicio sobre cuándo abandonar hipótesis y David J. Stump (2007) lo ha interpretado como una evaluación de *virtudes* intelectuales y morales.

cómo entender el problema que Duhem buscaba resolver. Más aún si consideramos que varios historiadores han reconocido que la época de Duhem produjo importantes cambios en el entendimiento de la formulación, uso y *testeo de hipótesis* científicas. Por ejemplo, Larry Laudan (1981b) señala que:

> Un evento de gran importancia ocurrió en el curso de la filosofía de la ciencia del siglo XIX. La tarea de articular una lógica del descubrimiento científico y la formación de conceptos —una tarea que había estado en el centro de la epistemología desde los *Segundos Analíticos* de Aristóteles —fue abandonada. En su lugar se instauró el trabajo, muy diferente, de formular una lógica de evaluación de teorías *post hoc*, una lógica que no se ocupa de cómo los conceptos son generados o cómo las teorías se formulan. Esta transformación marca uno de los hitos centrales en la historia del pensamiento filosófico…" (Laudan 1981b, p.183).

De acuerdo con Laudan, previamente se había pensado que era posible formular reglas precisas para el descubrimiento de nuevas hipótesis y teorías: una *lógica del descubrimiento científico*. Pero, "para la segunda mitad del siglo XIX, este proyecto estaba muerto, repudiado claramente por filósofos de la ciencia como Peirce, Jevons, Mach y Duhem". (Laudan 1981b, p.183). Aunque Laudan no analiza con detalle el caso específico de Duhem, sí lo señala explícitamente como parte de un grupo de filósofos de la ciencia que intentaba articular *una nueva lógica de evaluación de teorías*.

Sin embargo, Krist Vaesen (2021) ha mostrado que hay algunos aspectos inadecuados de la reconstrucción que hace Laudan de la filosofía de la ciencia de finales del siglo XIX. Al analizar la obra de varios autores franceses de la época, Vaesen reconoce que ellos estaban interesados en la evaluación de *hipótesis*, "Sin embargo, hemos visto que los epistemólogos franceses también se preocuparon por los principios lógicos del momento de eureka" (Vaesen 2021, p.195). Es decir, aunque Vaesen concuerda con Laudan respecto de que en la época se buscaba articular una *nueva lógica de evaluación de teorías*, dicho proyecto no implicó el abandono de la búsqueda de una *lógica del descubrimiento* en ese momento. De manera que el cambio en el análisis lógico de la formulación y *testeo de hipótesis* que se produjo en la época de Duhem parece haber sido más complejo de lo que Laudan sugiere.

En cualquier caso, tanto Laudan como Vaesen reconocen que la época de Duhem estuvo marcada por los intentos de articular una nueva *lógica de la investigación en física*. El *testeo de hipótesis* debía ser parte de dicho proyecto, por lo que resulta plausible arrojar nueva luz sobre los argumentos de Duhem respecto al *testeo de hipótesis*, tomando en

cuenta el contexto de las dificultades que los físicos de la época reconocían en torno al análisis lógico de la formulación y *testeo de hipótesis*.

DUHEM Y LOS AUTORES DE SU ÉPOCA

Un caso particularmente sobresaliente de un contemporáneo de Duhem que analizó la investigación científica y el *testeo de hipótesis* es, por ejemplo, el de Heinrich Hertz (1857-1894). Hertz es conocido hoy en día por ser el primero en demostrar experimentalmente la existencia de las ondas electromagnéticas; pero también llevó a cabo importantes reflexiones sobre el *testeo de hipótesis*. En particular, Hertz llegó a la misma conclusión que Duhem respecto de que las hipótesis no se pueden someter a *test* en aislamiento, sin involucrar un conjunto de teorías y supuestos.[9] Además, Hertz se refirió a la importancia de criterios como el de '*conveniencia*' para evaluar conjuntos de hipótesis o teorías.

Otro contemporáneo de Duhem que también llegó a conclusiones afines a las suyas fue Ernst Mach (1838-1916). En los textos de Mach, no sólo encontramos importantes discusiones sobre la formulación y *testeo de hipótesis*, sino un reconocimiento explícito de su afinidad con Duhem. Por ejemplo, al comentar sobre *La teoría física* de Duhem, en el prefacio a la segunda edición de *Conocimiento y Error*, Mach afirma que:

> No había esperado encontrar, tan pronto, un acuerdo de tan largo alcance en ningún físico… Valoro el acuerdo entre nosotros, más aún, porque Duhem ha llegado a los mismos resultados que yo de manera bastante independiente… Al mismo tiempo debo decir que mientras que yo, en el presente libro al menos, enfatizo principalmente la afinidad entre el pensamiento de sentido común y el de la ciencia, Duhem arroja particular luz sobre las diferencias… Por esta razón me gustaría recomendar su libro como complemento e iluminación del mío (Mach, 1976, p.XXXV-XXXVI).

Aquí, Mach no se refiere a que ambos (él y Duhem) pensaran exactamente lo mismo respecto de todos los aspectos de la ciencia, pero explícitamente reconoce que compartían opiniones importantes. En particular, Mach señalaba que él había investigado las similitudes del pensamiento científico con las del '*pensamiento de sentido común*', mientras que Duhem las diferencias. Esto es relevante porque el término *bon sens*, con el que Duhem llama a su solución para las dificultades que había identificado en el *testeo de*

[9] Esta idea se menciona en Hertz (1893, p.197).

hipótesis, se suele traducir como sentido común.[10] Mach consideraba que su libro complementaba al de Duhem señalando que la investigación científica se puede entender como una variedad refinada de actividades que se originaron en diversas prácticas culturales e, incluso, en el desarrollo evolutivo del ser humano. Mach rechazaba la postura que previamente se había sostenido respecto de que las *hipótesis* científicas se pueden formular sólo mediante *métodos inductivos*. Más bien, él consideraba que era posible entender la formulación y *testeo de hipótesis* científicas analizando cómo su uso emergió del '*pensamiento de sentido común*' y de otros procesos de *adaptación* del ser humano.

También, Ludwig Boltzmann (1844-1906) asoció la formulación y *testeo de hipótesis* científicas con el 'pensamiento de sentido común', es decir, con las operaciones prácticas de la vida cotidiana. Motivado por su defensa de las hipótesis atomistas, Boltzmann argumentó sobre el tipo de consideraciones que son adecuadas para evaluar la pertinencia de las hipótesis. En la época, había debates acerca de si en física era pertinente el uso de *hipótesis* que postulaban entidades inaccesibles a los sentidos (inaccesibles no sólo por limitaciones de hecho sino de principio), como las que postulaban la existencia de *átomos*. Pero Boltzmann argumentaba que estas consideraciones *a priori* eran inadecuadas para la evaluación de *hipótesis* científicas. Mach y Duhem eran escépticos sobre el atomismo, pero compartían con Boltzmann la idea de que la *hipótesis* no podían evaluarse sólo a partir de consideraciones *a priori*. Para Boltzmann, lo único que debía limitar la formulación de *hipótesis* era si éstas llevaban a nuevas aplicaciones prácticas y a la predicción exitosa de nuevos fenómenos. "Es por esto que no veo los logros tecnológicos como productos secundarios de la ciencia natural, sino como su prueba lógica. Si no hubiéramos obtenido esos logros prácticos, no sabríamos cómo inferir. Sólo aquellas inferencias que son correctas llevan al éxito práctico" (Boltzmann 1974, p.192). En otras palabras, Boltzmann sostuvo que la formulación y *testeo de hipótesis* debía entenderse desde una *lógica* en la que las inferencias se validan por sus consecuencias en producir, lo que él llamaba, '*éxito práctico*'.

Además, se puede encontrar conclusiones afines a los trabajos de Hertz, Mach y Boltzmann en la obra de, por ejemplo, Henri Poincaré (1854-1912). Poincaré reconoció las limitaciones de las *deducciones teóricas* e, incluso, de los *métodos inductivos* que

[10] Sin embargo, la traducción del término *bon sens* es un asunto complicado, como veremos, porque varios autores han señalado que Duhem utiliza dicho término de un modo distinto al de *sens commun*, que también se traduce como sentido común.

previamente se habían visto como suficientes para dar cuenta de la formulación y *testeo de hipótesis*. Poincaré propuso criterios de testeo basados en la *convención* para decidir sobre la aceptación de hipótesis. El tipo de *convención* que él proponía se ejemplificaba con el tipo de convención *práctica* que establece el uso coordinado de estándares de medición en distintos países.

Más sobresaliente, sin embargo, es el caso de Charles Sanders Peirce (1839-1914), quien consideraba que una descripción adecuada de la *lógica de la investigación científica* debía tomar en cuenta, no sólo *inferencias deductivas* e *inductivas*, sino un tercer tipo de inferencia al que se refirió como *hipótesis*, *abducción* o *retroducción*. De acuerdo con él, este tipo de inferencia se produce al encontrar un fenómeno inesperado (como podría ser el resultado recalcitrante de un *experimento de testeo*) y propone una suposición cuyas consecuencias explican el fenómeno en cuestión. Peirce daba ejemplos de la *hipótesis o abducció*n tanto en casos de investigación científica como en casos de la vida cotidiana.[11] Es decir, la *abducción* de Peirce era un tipo de inferencia que se usa tanto en ciencia como en la vida cotidiana y que se valida a partir de sus consecuencias. Estas descripciones de Peirce resultan consistentes con la idea de Mach de explicar la investigación a partir de operaciones que se originan en 'el pensamiento de sentido común' y la postura de Boltzmann sobre la necesidad de una *lógica* de la investigación que evaluara las inferencias a partir de sus consecuencias, lo que también es relevante en las descripciones de Hertz y Poincaré de sus criterios de 'conveniencia' y 'convención'.

Más aún, autores interesados específicamente en la *lógica* de la investigación empírica, como John Dewey (1859-1952), parecen haber analizado la función de juicios similares a lo que Duhem llamaba *bon sens*. Dewey consideraba que la *lógica* de la investigación debía entenderse a partir de una concepción más amplia de la que tradicionalmente se había aceptado. En la concepción de Dewey, el concepto de *juicio práctico* tiene una función crucial y debía poder resolver situaciones como las que Duhem señala en sus descripciones del *testeo de hipótesis*.

Finalmente, y de manera un poco más tardía, Albert Einstein (1879-1955) llegó a expresar consideraciones bastante similares a las de Duhem sobre el *testeo de hipótesis*.

[11] Peirce (2012, p.236) da un ejemplo del uso del tipo de inferencia que describe en un caso en que se infiere quién es el gobernador de una provincia, a partir de la observación de un grupo de personas, y otro ejemplo en el que se infiere que una región estuvo sumergida en el pasado a partir de la observación de fósiles. Describiré estos ejemplos con más detalle en la sección 4.4.

Los paralelismos entre ambos llegan a tal punto que Don Howard (1990, 2014 y 2021) ha sostenido que la filosofía de la ciencia de Einstein se apoyaba fuertemente en la de Duhem.

No parece que los análisis de los autores de la época de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* puedan entenderse como reflexiones aisladas, puesto que estos autores reconocían las similitudes entre sus razonamientos y conclusiones (como vimos, ese reconocimiento fue explícito en el caso de, por ejemplo, Mach y Duhem). Esto sugiere que la física de la época enfrentaba dificultades que motivaron esas reflexiones. Como señalaba Thomas Kuhn "Creo que, particularmente en periodos de crisis manifiesta, los científicos se entregan al análisis filosófico como instrumento para desbloquear los enigmas de su campo" (Kuhn 2006, p.180). Es decir, las reflexiones de Duhem y otros autores de su época bien podrían estar relacionadas a algún tipo de crisis en la física de finales del siglo XIX. De acuerdo con el trabajo reciente de Mark Wilson (2017 y 2021), la física de finales del siglo XIX (en especial la mecánica) enfrentaba dificultades cuyo alcance no ha sido reconocido por historiadores de la física suficientemente. Considero que ese momento de crisis en física motivó a Duhem y a los otros autores a repensar cómo se debía conducir la investigación en física y, en particular, cómo entender el uso y *testeo de hipótesis*. A pesar de que los autores que he mencionado trabajaban en países y circunstancias diferentes, las reflexiones de los autores coincidieron porque responden a un contexto que les es común, una física en crisis.

Hertz, Mach, Boltzmann, Poincaré, Peirce, Dewey y Einstein tenían opiniones y perspectivas distintas, pero todos ellos consideraban que en la época hacía falta articular una nueva *lógica de la investigación* en física. Esta *lógica* requería juicios que no podían elaborarse *sólo* mediante inferencias *deductivas* o *inductivas*. En ese contexto es que Duhem propone un argumento en el que enfatiza (como Hertz) que las hipótesis se someten a *testeo experimental* en conjunto, por lo que un resultado recalcitrante no determina qué hipótesis abandonar. Se trata de un caso en el que algo se debe inferir al encontrar un resultado experimental inesperado (lo que constituye el punto de partida del tipo de inferencia que Peirce enfatizaba). Duhem también señala (como Boltzmann) que la *lógica deductiva* no determina qué *hipótesis* es correcta, reconoce (como Mach) que un método meramente *inductivo* tampoco es adecuado, y propone un medio diferente para hacer un juicio (similar a los que describe Dewey) sobre si se debe abandonar una hipótesis: el *bon sens*.

El uso del concepto de *bon sens* por parte de Duhem es posiblemente uno de los aspectos menos claros de su obra, sin embargo, es sumamente importante porque constituye su respuesta a la dificultad que había identificado en el *testeo de hipótesis*. Las soluciones que los autores de la época de Duhem propusieron para la elección de hipótesis también padecen de cierta ambigüedad, pero analizarlas puede arrojar luz respecto de cuál era la dificultad y cómo entender el uso del concepto de *bon sens* de Duhem. Los tipos de juicios que describe Mach, el éxito práctico que enfatiza Boltzmann, los criterios de "conveniencia" que señalan Hertz y Poincaré, y la *abducción* de Peirce, aunque resultan ambiguos, tienen en común que constituyen tipos de inferencias o *juicios prácticos* que debían complementar al razonamiento teórico en la investigación científica. También Einstein llegó a referirse a la importancia de la 'intuición' para la física. Se puede entonces considerar la posibilidad de que el *bon sens* de Duhem estuviera pensado de manera similar.

DUHEM EN LA FILOSOFÍA DE LA CIENCIA RECIENTE

En la literatura reciente, sin embargo, el estudio de los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* y el uso del *bon sens* ha tomado una dirección que se alejó de las discusiones de inicios del siglo XX. Para empezar, hubo relativamente poca discusión sobre lo que proponía Duhem, respecto del *testeo de hipótesis*, hasta que sus argumentos se asociaron a los del filósofo W. V. O. Quine (1908-2000) a mediados del siglo XX.[12] En su artículo "Dos dogmas del empirismo", Quine argumentó que '*las proposiciones sólo se relacionan con las percepciones en conjunto'* y atribuyó esa idea a Duhem. La literatura que siguió al artículo de Quine discute las similitudes y diferencias entre las posturas de éste y Duhem, pero prácticamente sin mencionar al *bon sens*. Este es el caso, por ejemplo, de Adolf Grünbaum (1960/1976), Laudan (1965/1976), Philip L. Quinn (1974) y Nancy Tuana (1977). Poco después, Roger Ariew comentaba, al revisar la literatura sobre los argumentos de Duhem, que "Lo que es curioso es que el mismo Duhem no habría sido capaz de reconocer lo que se le atribuye en ninguno de los escritos mencionados" (Ariew, 1984, p.313).

[12] Sin embargo, la influencia de Duhem en la filosofía de la ciencia de la primera mitad del siglo XX se puede apreciar en los filósofos asociados al *positivismo lógico*, como Otto Neurath (1882-1945). Neurath explícitamente menciona a Duhem al formular su famosa metáfora sobre el conocimiento como un barco que debe reconstruirse continuamente: "Duhem ha mostrado con especial énfasis que cada enunciado acerca de cualquier suceso está saturado de hipótesis de todo tipo y que éstas, al final, se derivan de toda nuestra visión del mundo. Somos como navegantes quienes en el mar abierto deben reconstruir su barco, pero sin nunca ser capaces de iniciar de nuevo desde el fondo" (Neurath 1921/1973, 198-199).

En los casos en los que la literatura que siguió inmediatamente a las publicaciones de Quine menciona el *bon sens* de Duhem, no hay análisis detallados. Imre Lakatos (1978, p.32-33), por ejemplo, lo menciona brevemente como un 'criterio subjetivo' y H. Krips (1982) lo menciona, también de pasada, como conocimiento *tácito*, pero sin analizarlo. Sólo a finales de la década de 1980 se produjeron estudios más detallados sobre este tema. Stanley Jaki (1987), por ejemplo, reconoció más claramente la importancia del concepto de *bon sens*, pero no aclaró su uso en el *testeo de hipótesis*. Por su parte, R. N. D. Martin (1991) señaló que Duhem distinguía el concepto *bon sens* del de *sens commun*; el primero es, de acuerdo con Martin, un tipo de *juicio* y el segundo consiste en creencias comúnmente compartidas. Dicha distinción entre *bon sens* y *sens commun* también la enfatizó Roberto Maiocchi (1985). Sin embargo, estos estudios casi no hacen referencia a preocupaciones afines a las de Duhem en otros autores de su época.

Otros autores, como Jean-François Stoffel (2002) y Anastasios Brenner (1990), han aportado análisis amplios sobre diversos aspectos de la obra de Duhem, pero no se enfocan en el concepto de *bon sens*. A pesar de ello, en la literatura más reciente se ha renovado la discusión sobre el *bon sens* de Duhem debido, en parte, al trabajo de David Stump (2007). Stump propuso entender al *bon sens* de Duhem como un concepto de *epistemología de la virtud*, en la cual se entiende al conocimiento como lo que creería una persona intelectualmente virtuosa. Stump señaló que Duhem enfatizaba la importancia de virtudes morales, como la honestidad, al hablar de *bon sens*, por lo que asume que éste es un *medio para la elección de teorías* basado en consideraciones de virtudes intelectuales y morales. Desde entonces, varios autores (como Ivanova 2010, Fairweather 2012 y Bhakthavatsalam 2017) han propuesto interpretaciones del *bon sens* de Duhem que siguen a Stump, pero con algunas modificaciones y reservas.

Sin embargo, Milena Ivanova y Cedric Paternotte (2013) analizaron la propuesta de Stump, así como otras similares, y concluyeron que las interpretaciones del *bon sens* que se han propuesto son insatisfactorias. De acuerdo con ellos, "Primero, *es dudoso que sean fieles al concepto de Duhem*…Más aún, estas reconstrucciones discrepan con respecto a las características centrales del buen sentido [*bon sens*]. Segundo, también es dudoso que estas explicaciones provean soluciones adecuadas al problema de la elección de teorías" (2013, p.1110, énfasis añadido). Es decir, los análisis recientes de la obra de Duhem han tropezado con dificultades de interpretación. Ivanova y Paternotte elaboran una propuesta distinta para interpretar al *bon sens*, pero que reconocen que también se aleja de Duhem.

Al revisar la dirección que ha tomado la literatura sobre los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* y el concepto de *bon sens*, es claro que el contexto de discusión ha cambiado. En el proceso, autores como Ivanova y Paternotte reconocen que se han producido interpretaciones insatisfactorias de la obra de Duhem. Sin embargo, dichas interpretaciones se han elaborado sin tomar en cuenta los debates de la época de Duhem entre autores interesados en la física. Dichos autores de la época de Duhem respondían a una física que consideraban insatisfactoria (en crisis) y que intentaban corregir analizando los tipos de inferencias y juicios que tradicionalmente se pensaba que guían la formulación de *hipótesis*.

La preocupación que subyace a la obra de los autores de la época de Duhem es diferente a la de la literatura reciente. Mientras que dicha literatura reciente parece entender las consideraciones de Duhem como posibles argumentos *escépticos* o ataques a la racionalidad de la ciencia, los autores de finales del siglo XIX no parecen especialmente preocupados por esas cuestiones. Es cierto que dichos autores sostenían posturas que hoy llamaríamos 'antirrealistas', pero sus análisis sobre la formulación y uso de *hipótesis* parecen dirigidos, más bien, a intentar articular una *lógica de investigación*. Es decir, ninguno de ellos cuestionaba que la ciencia fuera una actividad racional y varios de ellos respondieron enérgicamente a quienes cuestionaban que las teorías tuvieran algún valor meramente utilitario. Lo que sí parece ser una preocupación para dichos autores es *cómo caracterizar los tipos de juicios e inferencias que requiere la investigación en física*, particularmente en casos de incertidumbre (es decir, en casos en que hay más de una manera razonable de proceder en una investigación). El desfase entre las preocupaciones de la literatura reciente y las de los autores de la época de Duhem puede ser una de las causas de las dificultades de interpretación que ha encontrado la literatura reciente. Pero más importante aún, la falta de consciencia sobre ese desfase puede ser lo que nos impida hacer un uso más constructivo de la filosofía de la ciencia de Duhem.

Considero que el análisis que Duhem hace de los *experimentos de testeo* se produce como respuesta a una situación particular en el que se encontraba la física. Los descubrimientos más importantes de la física que se produjeron durante el siglo XIX no sólo fueron importantes en sí mismos, sino que motivaron a varios autores a repensar su entendimiento de la misma práctica de la física. Como sostiene Larry Laudan "…no es posible sustentar el que se separe la historia de la ciencia de la historia de la epistemología. Esto se debe a que la historia de cualquier práctica o disciplina en la cual la investigación

prosiga tiene que ser, simultáneamente, una historia de las teorías o hipótesis dentro de esa disciplina y una historia de los estándares epistémicos usados por esa disciplina para evaluar sus teorías e hipótesis" (Laudan 2009, p.191). Si esto es así, entonces las conclusiones de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* pueden adquirir un sentido diferente al que tradicionalmente se les ha dado cuando se analizan a partir del contexto histórico en que se encontraba la física cuando se formularon.

OBJETIVO

La tesis que sostengo es que el bon sens de Duhem, que es su respuesta a los experimentos de testeo que producen resultados negativos, debe interpretarse como un asunto central de lo que en la época se discutía en términos de lógica de las hipótesis, discusión de la cuál Duhem era ajeno. Duhem consideraba que las inferencias y juicios que tradicionalmente se consideraban suficientes para la formulación y testeo de hipótesis eran, de hecho, insuficientes para elegir racionalmente las hipótesis. Explícitamente Duhem reconoce que la lógica deductiva es insuficiente para elegir hipótesis, y la salida que propone implícitamente se puede interpretar como una lógica de las hipótesis.

Los argumentos de Duhem respecto de la necesidad de t*estear hipótesis en conjunto,* el rechazo al concepto de *experimento crucial* y su énfasis en el concepto de *bon sens*, son parte de un intento de solución a la dificultad de su época de articular cómo se debe proceder en una investigación en física. En particular, como veremos, Duhem propone el concepto de *bon sens* como un medio para escoger entre '*estrategias*' sobre las cuales se debe decidir en el proceso de someter a test una *hipótesis* de física; la dificultad a la que responde consiste en *identificar un tipo de juicio* que no es arbitrario, pero que determina la estrategia a seguir. Considero que la dificultad en cuestión no se trata sólo de una elección entre *teorías subdeterminadas por la evidencia*, como tradicionalmente se le ha visto. Se trata de esclarecer los tipos de juicios e inferencias que guían la investigación frente a resultados recalcitrantes.

Que la dificultad a la que responde Duhem es la de *articular una lógica de investigación* en física se concluye, por ejemplo, al considerar el contexto de las discusiones de la época sobre el *testeo de hipótesis*. Varios de los autores que en la época hicieron importantes aportaciones a la física, también reflexionaron sobre los juicios que guían su investigación. En general, ellos percibieron dificultades en la *lógica de la investigación científica*; es decir, percibieron dificultades que conciernen a identificar los

tipos de juicio e inferencias, así como sus funciones, en la formulación, uso y testeo de hipótesis. La respuesta de Duhem, *el concepto de bon sens, consiste en un juicio práctico que pertenece al ámbito de la experiencia cotidiana y se valida mediante sus consecuencias para la investigación*. Este tipo de respuesta también es consistente con la manera en que los autores de la época, quienes recurrían al estudio de prácticas fuera de la física para ejemplificar el tipo de juicio que buscaban articular.

Para argumentar sobre la tesis que sostengo llevaré a cabo varios análisis interrelacionados en tres partes. 1 *una crítica a la literatura actual sobre los experimentos de testeo en Duhem.* 2, analizaré *las conclusiones de los autores de la época de Duhem, respecto del análisis del testeo de hipótesis. 3 mostrar el bon sens de Duhem como lógica de las hipótesis y su relación a su rechazo a la relatividad especial de Albert Einstein*.

Podría parecer que los análisis que presento van en diferentes direcciones, pero todos ellos contribuyen a establecer la tesis principal que mencioné al inicio de esta sección. Hay varios aspectos de la obra de Duhem, relevantes para el tema en cuestión (el *testeo de hipótesis*), que son difíciles de interpretar con claridad; de manera que analizar lo que se ha dicho sobre dichos aspectos en la literatura reciente provee un punto de partida para la discusión. Además, el mismo análisis ayuda a establecer la necesidad de una aproximación diferente, debido a las dificultades con las que se ha encontrado la literatura reciente. El análisis de los argumentos de los autores de la época de Duhem provee la base de la aproximación que buscó explorar aquí, ya que muestra el tipo de preocupaciones y soluciones que en la época se consideraban relevantes. Estos análisis muestran preocupaciones diferentes que sugieren que las dificultades de interpretación en la literatura reciente pueden enfrentarse mejor a partir de consideraciones de la época. Es decir, l*as dificultades de interpretación en la literatura reciente se generan al ignorar la preocupación de la época con la lógica de la investigación científica*. Esto queda claro en el análisis de la obra filosófica de Duhem entendiendo precisamente como un intento de articular una *lógica* de investigación. Finalmente, el análisis del rechazo de Duhem a la relatividad permite esclarecer algunos aspectos más de ese intento de Duhem; lo que, de nuevo, se pone de relieve al considerar las similitudes y diferencias entre su obra y la de otro autor de su época: Albert Einstein. En pocas palabras, el análisis de la literatura reciente motiva la necesidad de un estudio diferente, el análisis de la obra de otros autores de la época de Duhem muestra que una preocupación de la época era con la *lógica de la investigación*.

Al analizar los argumentos de Duhem en el contexto de las discusiones de su época sobre la *elección de hipótesis*, no busco defender que las conclusiones de Duhem fueran necesariamente las más adecuadas para entender la investigación en física. Tampoco que su solución sea óptima; ya que, como veremos, está plagada de oscuridades e imprecisiones y es posible que sólo fuera adecuada para la física del siglo XIX.[13] Sin embargo, considero que esclarecer los argumentos de Duhem contribuye a clarificar los debates que, en filosofía de la ciencia, se han derivado de posibles malentendidos de su obra.

Por otra parte, es importante aclarar que en este estudio me centraré en la *elección de hipótesis* y no en otros aspectos de la obra de Duhem, como las precisiones o imprecisiones de su obra en historia de la ciencia. Tampoco buscaré argumentar si mi lectura de Duhem es compatible con las categorías en las que se le suele situar en la literatura reciente. A Duhem se le ha considerado defensor del *realismo estructural* (Worrall 1989/1996), *convencionalista* (Ben-Menahem 2006), partidario de unas u otras formas de *epistemología de la virtud* (Stump 2007), etc. Sin embargo, considero que los intentos de asimilar la posición de Duhem a estas categorías de la filosofía de la ciencia reciente, probablemente, oscurecen más de lo que contribuyen a esclarecer sus argumentos.

Finalmente, es importante aclarar que, aunque hay estudios que analizan a profundidad la física de Duhem y (algunos incluso exploran posibles relaciones entre dicha física y la filosofía del mismo) serán pocos los que consideraré detenidamente. Esto se debe a que la mayoría de los estudios sobre Duhem, que sí toman en consideración la física de su época, están dirigidos a analizar aspectos de su filosofía distintos a los *juicios implicados en el testeo de hipótesis*. A lo más, podría considerarse que los estudios que buscan explicar el rechazo de Duhem a la física británica y al atomismo pueden ser relevantes, en tanto que dicho rechazo ejemplifica un tipo de *hipótesis* que él desaprobaba. Veremos algunos de ellos en los capítulos 2, 3, en particular, como parte del análisis de las contribuciones de Hertz, Mach y Boltzmann. Sin embargo, habrá que tener en cuenta que los argumentos de Duhem sobre el rechazo al atomismo y a los modelos de la física británica son esencialmente distintos a los que él elabora al analizar el *testeo de hipótesis*. De hecho, veremos (en el capítulo 6) que parte de su rechazo al atomismo y a los modelos de la física británica se debe, justamente, a que Duhem consideraba que algunas de sus *hipótesis* no podían someterse a *testeo experimental*. Duhem defendió enérgicamente la importancia del

[13] Argumentaré sobre este punto hacia el final del capítulo 8.

testeo de hipótesis de física mediante experimentos; pero también reconoció que el uso de dichos testeos tiene una *lógica* particular, lo que sí es el tema de esta tesis.

CONTRIBUCIÓN

La contribución de este estudio es doble, ya que recae, por un lado, sobre la *historia de la filosofía de la ciencia* y, por otro, sobre la *filosofía de la ciencia*. Con respecto a la *filosofía de la ciencia* consiste en mostrar que el 'problema de Duhem' sobre la elección y testeo de hipótesis *es una dificultad de la lógica de la investigación científica*. Esta forma de plantear '*el problema de Duhem*' no ha sido identificada adecuadamente por la literatura en filosofía de la ciencia, ya que, se ha entendido como una afirmación escéptica acerca de los límites del conocimiento científico, las limitaciones de los experimentos de testeo o un énfasis en la naturaleza holística del conocimiento. Sin embargo, el 'problema de Duhem' adquiere un aspecto diferente cuando se reconoce como el de la caracterización de un tipo de *juicio* que se toma en una investigación bajo condiciones de incertidumbre. Es decir, la lectura tradicional ha debatido los argumentos de Duhem por sus implicaciones para el realismo científico, pero este estudio muestra que hay otras maneras en que dichos argumentos son relevantes para el estudio del conocimiento científico. En particular, los argumentos de Duhem se pueden concebir como orientados a caracterizar el proceso mediante el cual se produce dicho conocimiento. Ese proceso tiene una *lógica*, la cual no se reduce al uso de *inferencias deductivas* o *inductivas*, sino que requiere de *juicios prácticos* como el de *bon sens*. El estudio de los juicios e inferencias es parte del ámbito de la *lógica*, entendida ésta en un sentido amplio, y esto implica que el estudio del *bon sens* de Duhem es parte de dicho ámbito. Reconocer los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis*, y el uso del concepto de *bon sens*, como intentos por caracterizar una l*ógica de la investigación en física*, permite replantear la manera de evaluar dichos argumentos.

Respecto de la contribución a la *historia de la filosofía de la ciencia*, este estudio esclarece dificultades de interpretación, como en el caso del concepto de *bon sens* de Duhem, al mostrar el tipo de debates a los cuales responde. Con esto, también, se pone de relieve aspectos del *bon sens* que previamente habían sido poco estudiados, como la manera en que dicho concepto representa un recurso perteneciente al ámbito de la *experiencia cotidiana* aplicado a la investigación en física. Es decir, este estudio muestra que Duhem, y otros autores de la época, recurren a ejemplos de juicios utilizados en actividades prácticas, ajenas a la física, como un recurso a ser aplicado en la investigación teórica, bajo condiciones de incertidumbre. Esto, a su vez, *contribuye a reafirmar lo inadecuado de*

concebir distinciones tajantes entre el razonamiento teórico y el razonamiento práctico en el estudio del conocimiento científico.

Finalmente, el estudio muestra lo fructífero de integrar, no sólo la *historia de la ciencia* a la *filosofía de la ciencia*, sino también el *estudio histórico de las relaciones entre ciencia, metodología, lógica y filosofía de la ciencia*. Debates importantes para la filosofía de la ciencia, tales como los que se han producido en torno a los argumentos de Duhem, se han originado en referencia al estado de la ciencia en un periodo particular. Tener en cuenta que ese origen está ligado a un contexto particular de la *historia de la ciencia* contribuye a reconocer qué aspectos de los debates siguen siendo relevantes y por qué.

ESTRUCTURA

Esta tesis consiste en tres partes, cada una de uno o más capítulos. La primera parte se titula "*El bon sens de Duhem en la literatura contemporánea*". Esta parte tiene como objetivo mostrar a detalle cómo se ha entendido en la filosofía de la ciencia reciente el concepto de *bon sens* que Duhem utiliza al describir el *testeo de hipótesis*, así como la dificultad que dicho concepto debía resolver. Lo que haré será analizar, en *un capítulo*, las contribuciones más importantes que diferentes autores han hecho a lo largo del siglo XX y el XXI en el estudio de los argumentos de Duhem *sobre el testeo de hipótesis*. Esto no sólo permitirá hacer claras las diferencias con lo que propondré en las siguientes partes, sino que hará evidentes algunas dificultades de interpretación del concepto de *bon sens* de Duhem, las cuales será importante clarificar en el resto de la tesis.

La segunda parte se titula "*Contexto histórico de la física de Duhem*", tiene como objetivo revisar los argumentos de algunos autores de la época de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* y se compone de tres capítulos. En esta segunda parte analizaré los argumentos de Hertz, Mach, Boltzmann, Poincaré y Peirce que considero que muestran el tipo de dificultad que se identificaba en la época, respecto del *testeo de hipótesis*, y el tipo de solución que se buscaba. Esta parte no sólo arrojará luz en el estudio subsecuente sobre los argumentos de Duhem, sino que mostrará qué consideraciones relevantes en la época han sido ignoradas en la literatura revisada en la primera parte. Mostraré esto con un estudio de los autores de la época lo suficientemente detallado como para requerir tres capítulos. Dedicaré el *capítulo 2* a analizar algunos aspectos del contexto de discusión sobre las hipótesis a finales del siglo XIX, así como la manera en que el trabajo de Hertz se enmarca en el mismo. El *capítulo 3* lo dedicaré a Mach y a Boltzmann; mientras que el *capítulo 4* a

Poincaré y Peirce. La división no es completamente arbitraria, el impacto de los descubrimientos científicos de Hertz, así como sus reflexiones, permitirán analizar cómo se había desarrollado la discusión sobre las *hipótesis* en el siglo XIX. El análisis de dicho contexto en el capítulo 2 facilitará la discusión en los demás capítulos. Los siguientes dos autores Mach y Boltzmann trabajaron ambos en la misma región de Europa central, lo cual significaba, en la época, una manera particular de entender la práctica de la física; además, ambos estuvieron involucrados en controversias similares respecto del *atomismo*. Estos paralelismos motivan la decisión de incluir el análisis de Mach y Boltzmann en un mismo capítulo (el capítulo 3). Por su parte, Poincaré y Peirce, aunque provenientes de países diferentes, ambos hicieron importantes aportaciones a la *metrología*; lo cual, como veremos, tuvo implicaciones en la manera en que caracterizaron la investigación científica.

Finalmente, la tercera parte se titula "*Sens commun y bon sens en Pierre Duhem*", tiene como objetivo analizar los argumentos de Duhem sobre la formulación y *testeo de hipótesis*; así como el papel del concepto de *bon sens* en ellos. Esta parte se compone de cuatro capítulos y es la más extensa e importante, puesto que se propone una perspectiva sobre el *testeo de hipótesis* y el *bon sens*, diferente a las que encontramos en la primera parte, a partir de las conclusiones de la segunda parte. En el *capítulo 5* comenzaré analizando la manera en que Duhem elabora la distinción que hace entre algunos aspectos de la *experiencia cotidiana* (como lo que llama conceptos y leyes de *sens commun*) y algunos aspectos de la experiencia de la física (como el uso de conceptos cuantitativos, leyes, experimentos e hipótesis). Los contrastes que Duhem resalta en la distinción ayudarán a identificar las funciones que Duhem implícitamente atribuye a las inferencias *inductivas* y *deductivas* en la física. Además, esta distinción de Duhem entre la *experiencia cotidiana* y la *física* es relevante porque más adelante argumentaré que Duhem entiende al *bon sens* como un tipo *juicio* del ámbito de la *experiencia cotidiana*. La dificultad específica en el *testeo de hipótesis* para la que Duhem propone el concepto de *bon sens* la analizaré en el *capítulo 6*. En el mismo capítulo analizaré también la distinción adicional que, de acuerdo con la literatura reciente, Duhem usa en algunos de sus textos entre los términos *bon sens* y *sens commun*. Aquí no cuestionaré que Duhem haga esa distinción, pero sí clarificaré algunos de sus aspectos. Entre otras cosas veremos que el concepto de *sens commun* consiste en creencias comúnmente aceptadas, mientras que el de *bon sens* consiste en un *tipo de juicio* del ámbito de la *experiencia cotidiana* aplicado a la física en casos de incertidumbre. Habiendo distinguido el concepto *bon sens* del de *sens commun*,

analizaré a detalle el primero (puesto que es el recurso que Duhem propone para resolver las dificultades que identifica en el *testeo de hipótesis*) en el *capítulo 7*. Veremos, entre otras cosas, que el *bon sens* se puede entender como el tipo de *juicio de la práctica* que Dewey enfatiza en su concepción de la *lógica* de la investigación. Además, veremos también que el *bon sens* es guiado, en parte, por creencias y generalizaciones producidas en la *experiencia cotidiana*. Sin embargo, este último aspecto del *bon sens* no será del todo claro hasta el *capítulo 8*, en el que analizaré la reacción de Duhem a uno de los desarrollos científicos más importantes de la época: la emergencia de *la relatividad especial de Albert Einstein*.

PRIMERA PARTE:

EL *BON SENS* DE DUHEM EN LA LITERATURA CONTEMPORÁNEA

Capítulo 1. Algunas dificultades en la filosofía de la ciencia contemporánea en la interpretación del *testeo* de hipótesis en Duhem

"Sin embargo, estas reconstrucciones son insatisfactorias por varias razones".
(Ivanova y Paternotte 2013, p.1110)

Introducción

Duhem propone como solución a las dificultades que identifica en el *testeo de hipótesis* el uso de, lo que él llama, *bon sens*. Sin embargo, dicho concepto es ambiguo y Duhem no da una caracterización sistemática de cómo lo entiende. Interpretar el concepto de *bon sens* de Duhem es sumamente complicado debido a que él lo describe sólo de maneras breves, dispersas y esporádicas. Al mismo tiempo, difícilmente es posible entender cómo Duhem concebía el *testeo de hipótesis* sin una interpretación adecuada de su concepto de *bon sens*. Aun así, relativamente pocos de los estudios en filosofía de la ciencia sobre Duhem se han centrado en analizar su concepto de *bon sens* y su rol en el *testeo de hipótesis*. La mayor parte de la literatura sobre Duhem se ha dedicado a discutir otros aspectos de su filosofía, como sus argumentos sobre el *holismo en la confirmación* o sobre los *experimentos cruciales*. Algunos estudios también se han enfocado en distinguir las formulaciones hechas por otros filósofos (como W. V. O. Quine) de argumentos similares a los de Duhem. En cualquier caso, las distintas aproximaciones dan lugar a diferentes maneras de entender las dificultades que Duhem señala con respecto al *testeo de hipótesis*. La falta de consenso acerca de cómo entender el uso que hace Duhem del concepto de *bon sens* podría estar relacionado con la diversidad de maneras en que se ha interpretado la dificultad que él identificaba en el *testeo de hipótesis*. Sin un entendimiento claro de dicho concepto, es difícil entender cuál es la dificultad que debía solucionar.

Uno de los estudios más relevantes sobre Duhem que sí reconoce la importancia, para Duhem, del concepto de *bon sens* es el de R. N. D. Martin (1991). De acuerdo con Martin, Duhem atribuye varías funciones al *bon sens* en la investigación en física y reconoce que una de ellas es un *juicio* sobre las hipótesis, pero no analiza dicha función. Más recientemente, David Stump (2007 y 2011) ha propuesto entender al *bon sens* de

Duhem como un concepto de epistemología de la virtud para la *elección de teorías*. Aproximaciones similares, aunque con algunas reservas y correcciones, son las de Milena Ivanova (2010), Ian James Kidd (2011), Abrol Fairweather (2012a y 2012b) y Sindhuja Bhakthavatsalam (2017). Por otro lado, Milena Ivanova y Cedric Paternotte (2013), así como Jamie Shaw (2020), han propuesto entender al *bon sens*, más bien, como una estrategia para buscar el consenso social entre científicos.

Como veremos, al revisar la literatura sobre *el testeo de hipótesis* según Duhem, lo que encontramos es que la mayoría de estos autores identifican el *problema de Duhem* como el de elección de *teorías*. Esto ha sido así, a pesar de que Duhem explícitamente distingue los conceptos de *hipótesis* y *teoría*. Pero, aún entre los autores que reconocen el problema de Duhem como uno de *elección de hipótesis*, las interpretaciones que dan de su respuesta a dicho problema, el concepto de *bon sens*, han resultado insatisfactorias. Esto se debe en parte a que, como reconocen Ivanova y Paternotte (2013, p.1110), las interpretaciones propuestas no son consistentes con las características que se han reconocido que Duhem atribuye al *bon sens*.

El objetivo de este capítulo es revisar cómo se ha entendido en la literatura reciente el tipo de dificultad que Duhem identificaba en el testeo de hipótesis, así como su solución: el concepto de bon sens. Esto con el fin de mostrar: i) las dificultades que se presentan en las interpretaciones de los argumentos de Duhem que los identifican como un problema de *elección de teorías* y ii) señalar por qué son insatisfactorias, también, las interpretaciones del *bon sens* que se han propuesto. Es decir, tanto la interpretación del *problema* como la interpretación de la *solución* han sido limitadas. Habrá que tener en cuenta que aquí no revisaré toda la literatura sobre la filosofía de Duhem, sino sólo aquella parte que considero que contribuye directamente al análisis del *bon sens* y el *testeo de hipótesis*.

En los siguientes capítulos enfatizaré dos aspectos del contexto en el que Duhem habla de *bon sens* para proponer una caracterización que evité las dificultades que este capítulo identifica con las propuestas de la literatura reciente. Para ello, en los siguientes tres capítulos (el 2, 3 y 4) mostraré temas que preocupaban a los autores de la época de Duhem, interesados en la física, sobre el *testeo de hipótesis*. Como veremos aquí, dichas preocupaciones no son tomadas en cuenta por la literatura reciente que analiza a Duhem. Además, en el capítulo 5, veremos la distinción de Duhem entre *experiencia de la física* y *experiencia cotidiana*, la cual tampoco se considera especialmente relevante en dicha literatura. Esto permitirá, en los capítulos 6 y 7, dar una caracterización de la concepción

de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* que evita las dificultades con las propuestas que veremos en este capítulo. Dicha caracterización tendrá como punto de partida las preocupaciones de los autores de la época de Duhem y la distinción que éste traza entre *experiencia de la física* y *experiencia cotidiana*. Finalmente, el capítulo 8 mostrará un aspecto más del *bon sens*, como recurso para la elección de hipótesis, que tampoco veremos aquí entre las propuestas de la literatura reciente: el *control* que Duhem atribuye a las conclusiones y generalizaciones de sentido común sobre la elección de hipótesis.

1.1 La literatura sobre "el problema de Duhem" desde mediados del siglo XX

Al revisar la literatura sobre Duhem en el siglo XX, podemos comenzar notando que, aunque Duhem influyó profundamente en varios filósofos que formaron parte del movimiento conocido como *empirismo lógico* (o *positivismo lógico*), ellos no discutieron a detalle los argumentos de aquel sobre el *testeo de hipótesis*. En general, no parece que dichos filósofos consideraran que hubiera algo problemático con los argumentos de Duhem por lo que, más bien, los aceptaban. De acuerdo con Thomas E. Uebel (1997), una importante tesis de Otto Neurath, por ejemplo, consistió en elaboraciones y modificaciones de los argumentos de Duhem. Por su parte, Rudolf Carnap (1937, p.318) reconoce el argumento de Duhem respecto de que las *hipótesis* no se someten a test en *aislamiento* y lo acepta sin discutirlo.[14] En general, para los positivistas lógicos, lo que plantea Duhem sobre el *testeo de hipótesis* no era problemático. La cuestión principal que plantea Duhem a este respecto, como veremos a detalle en el capítulo 6, es acerca de cuál hipótesis se debe modificar frente a evidencia recalcitrante (y cómo). Duhem asume que es posible que varias modificaciones alternativas de un conjunto de *hipótesis* pueden dar cuenta de un resultado experimental recalcitrante. Pero como las diferentes modificaciones de hipótesis explican el mismo resultado experimental, esas diferencias no serían relevantes para los *positivistas lógicos* que adoptaban el *criterio de verificación para el significado*. Dicho criterio implica que las diferentes *hipótesis* de las que se pueda deducir los mismos resultados experimentales tendrían el mismo *significado*; la diferencia sería, a lo más, lingüística.

[14] Esto puede parecer extraño porque Quine criticó la filosofía de Carnap justamente a partir de su formulación del *holismo* que le atribuye a Duhem. Sin embargo, Michael Friedman (1999, p.68-70) considera que una apropiada lectura de, por ejemplo, *Logical Syntax of Language* revela que la filosofía de la ciencia de Carnap no era vulnerable a críticas basadas en el *holismo* de Duhem, aunque sí era deficiente en otros sentidos.

Dada esta postura, no es sorprendente que los *positivistas lógicos* pensaran que lo que señalaba Duhem era poco problemático.[15]

La literatura en filosofía de la ciencia, respecto de las dificultades que Duhem señalaba sobre el *testeo de hipótesis*, comenzó a crecer en cantidad desde mediados del siglo XX. Esto se debió, en parte, a que una de las conclusiones de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* (que consiste en lo que se ha llamado *holismo en la confirmación*) se asoció con los debates sobre la *subdeterminación de teorías científicas por la evidencia.* Veremos con más detalle la idea del *holismo* de Duhem en el capítulo 6, pero aquí basta mencionar que dicha idea enfatiza que el *testeo experimental de hipótesis* en física requiere del uso de una amplia variedad de teorías y supuestos. Esta idea se asoció con los debates sobre *subdeterminación* debido a que el filósofo Williard Van Orman Quine (1908-2000), quien introdujo el concepto de *subdeterminación de teorías*, atribuyó a Duhem su propia formulación del *holismo*.

En "Dos dogmas del empirismo", en particular, Quine sostuvo que ningún enunciado tiene contenido empírico si se le considera en aislamiento de otros; de manera que, si un conjunto de enunciados de nuestras creencias entra en conflicto con la experiencia, tal conjunto se puede modificar de varias maneras. De acuerdo con él, esto tiene como consecuencia que *diferentes sistemas de creencias pueden ser compatibles con los mismos hechos*. Una experiencia recalcitrante nos hace cambiar enunciados, pero no determina cuáles. Si hay dos o más modificaciones posibles de la 'red de creencias', dichas modificaciones darían lugar a configuraciones alternativas de creencias, pero cada una sería consistente con los mismos datos de la experiencia. Más aún, "Cualquier enunciado puede ser mantenido como verdadero *pase lo que pase*, si hacemos ajustes suficientemente drásticos en alguna parte del sistema" (Quine 1961, p.43, énfasis añadido). Esto se debe a que "nuestros enunciados acerca del mundo exterior enfrentan el tribunal de la experiencia sensorial, no individualmente, sino como un todo corporativo" (Quine, 1961, p.41). En una nota a pie de página, Quine menciona que esta postura fue defendida por Duhem, aunque

[15] Fuera del movimiento que conocemos como *empirismo lógico*, podemos mencionar el trabajo de Armand Lowinger (1941/1967) como uno de los pocos estudios extensos sobre Duhem antes de la década de 1950; sin embargo, es poco lo que agrega sobre el tema específico del *testeo de hipótesis* y el concepto de *bon sens*. En general, el libro de Lowinger parece más un intento de introducir la filosofía de Duhem a una audiencia de habla inglesa (ya que se escribió antes de que hubiera traducciones disponibles) que un análisis sistemático de la misma.

no analiza ni ningún otro aspecto de lo dicho por Duhem, (ni siquiera menciona el concepto de *bon sens*)[16].

Es importante notar que Quine sólo menciona a Duhem en una segunda versión de su artículo "Dos dogmas del empirismo" (publicada en el libro *Desde un punto de vista lógico)*, pero no en la versión original. Varias décadas después, Quine reconoció que "…cuando escribí y presenté «Dos dogmas» hace cuarenta años y lo publiqué en *Philosophical Review*, no conocía a Duhem. Posteriormente, Hempel y Philipp Frank llamaron mi atención sobre su obra, con lo que inserté la nota al pie" (Quine 2001c, p.104).[17] Esto explica que Quine omitiera el concepto de *bon sens* de Duhem y sugiere que las preocupaciones de ambos autores pueden haber sido más diferentes de lo que después se asumió. Para empezar, podemos notar que Duhem hablaba de *hipótesis* en física y su

[16] Esta omisión es importante porque Duhem consideraba que es el *bon sens* lo que nos permite decidir qué modificar en las hipótesis al encontrar evidencia negativa; al omitirlo, Quine da la impresión de estar afirmando que dicha decisión es completamente arbitraria. Sin embargo, Quine sí reconocía que hay creencias que estamos menos dispuestos a modificar, como las leyes de la lógica y las matemáticas, aunque en principio podríamos hacerlo. En *Posits and Reality*, por ejemplo, Quine reconoce que hay consideraciones que se deben tomar en cuenta al modificar nuestra red de creencias, como que las teorías tengan el mayor grado posible de simplicidad, alcance explicativo, familiaridad, y fecundidad. No obstante, él enfatiza que siempre hay una "distancia" entre nuestra experiencia sensible y las teorías: "Varios enunciados pueden, seguramente, ser reemplazados por sus negaciones, sin conflicto con ninguna contingencia sensorial, provisto que revisemos otras porciones de nuestra ciencia de maneras compensatorias. La ciencia está empíricamente subdeterminada: hay una brecha" (Quine 1966, p.241).

[17] A pesar de sus afirmaciones, se ha sugerido que Quine pudo haber sido influenciado de manera indirecta por Duhem. Heiner Rutte (1991, p.87), por ejemplo, sostiene que Duhem influyó en Otto Neurath y éste en Quine; Heller incluso afirma que las idea de que los enunciados no tienen consecuencias en aislamiento (holismo en la confirmación), a lo que se le ha llamado *tesis Duhem-Quine*, debería llamársele tesis "*Duhem-Neurath-Quine*". La influencia de Duhem sobre Neurath, pueden encontrarse en lo que Rudolf Haller (1991, p.38) propone llamar *principio de Neurath*. Dicho principio enuncia que "si se obtiene una incompatibilidad entre un enunciado y el edificio completo de la ciencia, entonces hay siempre dos posibilidades para restaurar la armonía o acuerdo: se puede cambiar el enunciado relevante o el sistema entero". De acuerdo con Thomas Ueber (1997), el principio de Neurath es similar a la idea de Duhem acerca de que las hipótesis no tienen consecuencias experimentales en aislamiento, pero nota que Neurath extiende la conclusión para abarcar, no sólo las hipótesis, sino *todos* los enunciados. Esta última característica se asemeja más a las formulaciones de Quine. Además, de acuerdo con Rutte, "Neurath es en muchos sentidos el predecesor de Quine (Qué tanta influencia hubo es difícil decir; que ésta existió lo señaló el mismo Quine.)" (Rutte 1991, p.91). A pesar de ello, Verhaegh (2017, p.337, n.71) señala que el propio Quine negaba haber sido influenciado por Neurath en su formulación y que ésta había emergido, más bien, al distanciarse de la filosofía de Carnap.
Otra posibilidad es la que señala Don Howard, quien considera que la influencia de Duhem en Quine se pudo haber dado a través de Albert Einstein. De acuerdo con Howard (1990, 2014 y 2021), la filosofía de la ciencia de Einstein estuvo profundamente influenciada por la lectura de Duhem, en particular respecto del *holismo* en la confirmación. Esta influencia se muestra en un texto en el que Einstein (1949, p.678) hace comentarios que Howard (1990 p.375, 2014 p.370-371 y 2021 p.138) considera bastante similares a los de Quine, pero que data de dos años antes de la primera publicación de "Dos dogmas del empirismo" en 1951. Howard (2021, p.138-139) reconoce que, en comunicación personal, Quine rechazó haber conocido el texto de Einstein en cuestión; pero Howard también señala que, entre 1949 y 1951, Philipp Frank (quien "seguramente" sí leyó el texto de Einstein) trabajaba con Quine en Harvard y es posible que, en algún punto, ellos discutieran los temas tratados por Einstein.

relación con *resultados experimentales*, mientras que Quine de 'creencias', en general, y su relación con *sensaciones*.[18] Aun así, varios autores han asociado las ideas de Duhem a las de Quine, desde entonces.

Adolf Grünbaum (1960/1976), por ejemplo, criticó lo que él consideraba la *tesis de Duhem*, la cual describe como la idea de que las hipótesis *siempre* pueden conservarse racionalmente, sin importar los resultados experimentales. Sin embargo, esta lectura de Grünbaum fue cuestionada por Laudan (1965/1976) quien señaló que Duhem no consideraba que *siempre* fuera posible conservar una hipótesis frente a evidencia recalcitrante. De acuerdo con Laudan, Duhem sólo mostraba que, en algunos casos, la refutación de las hipótesis puede no ser conclusiva. Laudan también sugiere que Grünbaum, posiblemente, exageró la posición de Duhem debido a que la asimilaba a la de Quine, quien explícitamente sí llegó a sostener que siempre podía conservarse un enunciado frente a evidencia recalcitrante "*pase lo que pase*". Debido a críticas como la de Laudan,[19] Grünbaum (1962) comenzó a referirse a la tesis de que siempre se puede conservar hipótesis, frente a evidencia recalcitrante, como *tesis Duhem-Quine*; y así fue como se le conoció a dicha tesis en la literatura posterior.[20]

---

[18] Zamitto, por ejemplo, señala que "Quine ha extendido la proposición original de Duhem en dos maneras cruciales. Primero, él ha introducido la frase radical 'pase lo que pase' en las consideraciones, de manera que puede tomarse como defendiendo que los rearreglos 'drásticos' de la red de nuestras creencias son, no sólo posibles, sino plausibles. Segundo, él ha practicado un 'ascenso semántico' sobre el empirismo de Duhem, transportando un asunto de la teoría y el experimento a un asunto del lenguaje y, de hecho, situando en asunto al nivel más holístico dentro de este esquema de semántica" (Zamitto, 2004, p.24). Otros autores, como Krips (1982) y Massey (2011) han enfatizado diferencias similares a las que señala Zamitto. Además, W. Pietsh (2012) ha señalado la importancia de la historia de la ciencia para Duhem, en contraste con Quine.

[19] Señalamientos similares a los de Laudan, respecto de la asimilación inadecuada de la posición de Duhem a la de Quine, fueron hechos por Carlo Giannoni (1967/1976) y Gary Wedeking (1969/1976). No obstante, Yemima Ben-menahem (2006) aún discute los argumentos de Duhem como los reconstruye Grünbaum; ya que sostiene que, a pesar de lo que dice Laudan, "No es inverosímil, sin embargo, que incluso sin afirmar explícitamente la tesis en disputa, o sugerir que había sido demostrada, Duhem de hecho considerara que sus estudios de caso le prestaban apoyo inductivo" (Ben-menahem 2006, p.74). Es decir, Ben-menahem considera que los ejemplos de la historia de la ciencia que discute Duhem en varios textos pueden entenderse como la base para un argumento inductivo que pretendía concluir la tesis fuerte que Grünbaum le atribuye: que *siempre* es posible salvar hipótesis de la refutación.

[20] La *tesis Duhem-Quine* se ha asociado a la *tesis de la subdeterminación* en filosofía de la ciencia. Sin embargo, estrictamente *son tesis diferentes*. Aunque ambas ideas están relacionadas, Quine las distinguió en su artículo de 1975 "Sobre sistemas del mundo empíricamente equivalentes". En dicho texto, Quine señala que "Si todos los acaecimientos observables pueden explicarse mediante una teoría científica global —un sistema del mundo, por aludir a la alusión de Duhem a Newton—, entonces podemos esperar que resulten igualmente explicados mediante otro sistema del mundo en conflicto con el anterior…Tal es la doctrina de que la ciencia natural se halla empíricamente subdeterminada; subdeterminada, no sólo por la observación pasada, sino por todos los acaecimientos observables" (Quine 2001a, p.55). Y, por otra parte: "El holismo es lo que se ha llamado correctamente la tesis de Duhem y también…la tesis Duhem-Quine. Dice que los enunciados científicos no son vulnerables a las observaciones adversas por separado porque sólo conjuntamente, como una teoría, implican sus consecuencias observables" (Quine 2001a, p.55-56). De acuerdo con Rogério Passos Severo (2008), ésta última tesis era más importante para Quine que la *tesis de*

Desde entonces, los argumentos de Duhem han sido ampliamente discutidos en filosofía de la ciencia, aunque no siempre de manera consistente respecto de *cuál* es la dificultad a la que responden. Es decir, no se suele discutir con cuidado cuál es el tipo de dificultad al que responde Duhem, sino que se asume que es la misma (o una similar) a la de Quine. Como hemos visto, Quine plantea los argumentos de Duhem como la idea de que las creencias se pueden mantener frente a experiencia sensorial, Grünbaum como la idea de que cualquier hipótesis siempre se puede mantener frente a evidencia recalcitrante y Laudan como la idea de que, *algunas veces*, la refutación de hipótesis no es conclusiva. Para Quine se trata de una dificultad para la distinción entre enunciados *analíticos* y *sintéticos*,[21] para Grünbaum se trata de una dificultad para la metodología de la ciencia y para Laudan no es propiamente una dificultad.

Sin embargo, aún hay más maneras en que se han entendido los mismos argumentos de Duhem. Karl R. Popper sostuvo que "Duhem, en su famosa crítica de los experimentos cruciales (en su *Aim and Structure of Physical Theory*) logra mostrar que los experimentos cruciales nunca permiten comprobar una *teoría*. Pero no logra demostrar que tampoco permiten refutarla" (Popper, 1963/1983, p.147, n.26, énfasis añadido). La confusión respecto de si Duhem habla de *elección de hipótesis* individuales o *elección de teorías* completas es recurrente en la literatura, como veremos.[22]

Imre Lakatos (1978, 96-97), por su parte, distinguía una interpretación 'débil' de la *tesis Duhem-Quine*, la cual atribuye a Duhem, y una 'fuerte', la que atribuye a Quine. De acuerdo con Lakatos, la versión de Duhem sólo niega la posibilidad de que un resultado experimental refute algún componente *individual* de un *sistema teórico*. Él considera que tal interpretación de la *tesis Duhem-Quine* no es problemática para su *metodología de los*

la subdeterminación. Sin embargo, Quine considera que el *holismo* apoya la *subdeterminación*, ya que, "Si al afrontar observaciones adversas somos libres de escoger entre diversas modificaciones adecuadas de nuestra teoría, entonces todas las posibles observaciones son, presumiblemente, insuficientes para determinar unívocamente la teoría" (Quine 2001a, p.56). Aun así, pocos autores hacen la distinción entre, lo que se ha llamado, la *tesis Duhem-Quine* y la *tesis de la subdeterminació*n, como señala Samir Okasha (2002, p.307).

[21] Quine consideraba que la distinción que se mantenía en filosofía entre *enunciados analíticos* (aquellos que pueden ser reconocidos como verdaderos o falsos en virtud del significado de sus términos, independientemente de cualquier experiencia) y enunciados sintéticos (los que no pueden considerarse verdaderos o falsos sólo en virtud del significado de sus términos, sino que dependen de la experiencia) no puede sostenerse si aceptamos que los enunciados sólo se relacionan con la experiencia en conjunto.

[22] En el capítulo 5 veremos que Duhem (2003, p.22) llamaba *hipótesis* a proposiciones que relacionan magnitudes físicas y que sirven como *principios* de deducciones, mientras que llamaba *teoría* a un *sistema* de proposiciones matemáticas deducidas de unos pocos principios cuyo objeto es representar un conjunto de *leyes experimentales*. Para Duhem los conceptos de *hipótesis* y *teoría* son diferentes. Una sola *teoría* está constituida por un conjunto de *varias hipótesis*.

programas de investigación científica (como se refiere a su propuesta filosófica para el análisis de la ciencia). Lakatos (1978, p.32-33) incluso se refiere al *bon sens* de Duhem (a diferencia de Quine y los otros autores mencionados), pero lo interpreta sólo como un estándar basado en la *simplicidad*, lo que considera subjetivo e ingenuo, por lo que no hace un análisis detenido de dicho concepto.

Con todo, la confusión entre los argumentos de Duhem con los de otros autores ha continuado en la literatura. Philip L. Quinn (1974) llevó a cabo un análisis detenido de las tesis que consideraba que Duhem sí defiende, distinguiéndolas de las que Grünbaum, Quine y otros le atribuyen.[23] Quinn señalaba, por ejemplo, que la crítica de Popper (que cito más arriba) está erróneamente concebida, ya que, Duhem busca discutir la relación entre experimentos e *hipótesis*, y no la que puede haber entre experimentos y *teorías*.

> En primer lugar, el argumento de Duhem está diseñado para mostrar que los, así llamados, experimentos cruciales no pueden verificar conclusivamente una sola hipótesis teórica; no aplica, como afirma Duhem, a teorías completas. Ahora, sin duda el argumento de que la eliminación de todas las alternativas posibles no es factible puede extenderse para cubrir el caso de teorías completas, pero el mismo Duhem no hizo esa extensión en su discusión de los experimentos cruciales. En segundo lugar, Duhem nunca dudó de que los experimentos pueden refutar sistemas teóricos completos, a él sólo le preocupaba argumentar que ninguna hipótesis teórica sola puede ser falseada por ninguna observación (Quinn 1974, p.42-43).

Entre otras cosas, aquí podemos apreciar una vez más la diversidad de maneras en que se ha entendido el tipo de dificultad que Duhem había señalado, ya que, Popper y Quinn tenían concepciones muy diferentes de cuál era esa dificultad. Por otra parte, Quinn señalaba que las tesis que sí defiende Duhem, no necesariamente implican la que le había atribuido Grünbaum.[24] Es decir, de acuerdo con él, "Duhem no dice que un físico que trate de salvar

---

[23] De acuerdo con la lectura de Quinn, Grünbaum le atribuye a Duhem la tesis que consiste en la conjunción de los siguientes enunciados:
"(D1) Ninguna hipótesis que sea componente de una teoría científica T puede ser suficientemente aislada de un conjunto de supuestos auxiliares u otros tales que pueda ser falseados separadamente por observación.
(D2) Cualquier hipótesis que sea un componente de una teoría científica puede ser mantenida como verdadera, venga lo que venga de la evidencia observacional, y puede ser usada para explicar cualquier observación que refute T como un todo" (Quinn 1974, p.36).
Quinn y Grünbaum, entre otros, se refieren a la tesis que incluye estos dos enunciados como la *tesis D*. La conclusión de Quinn es que Duhem sí defiende D1, pero no D2.

[24] De acuerdo con Quinn, las tesis que Duhem sí defiende son las siguientes:
"(S) La tesis de la separabilidad—Ninguna hipótesis singular o individual tiene, por sí misma, alguna consecuencia observacional.
(F) La tesis de la falsabilidad—Ninguna hipótesis singular puede ser falseada de manera concluyente por ninguna observación.

su hipótesis favorita siempre puede tener éxito en ese intento" (Quinn, 1974, p.51). La idea de que las hipótesis *siempre* pueden salvarse de la refutación es consistente con las tesis de Duhem, de acuerdo con Quinn, pero esto sería una extensión que aquel nunca defendió.

En los diferentes comentarios, sin embargo, no sólo encontramos diversas maneras de entender el tipo de dificultad que Duhem había señalado, sino que su solución, el concepto de *bon sens*, ni siquiera forma parte de los análisis. Ni Quine (1961), ni Grünbaum (1960/1976), ni Laudan (1965/1976) lo mencionan explícitamente. Quinn sólo menciona al *bon sens* brevemente, pero sin analizar detenidamente dicho concepto.[25] Aun en textos posteriores, Quinn (1978) sólo discute, con autores como Nancy Tuana (1978), sobre la relación lógica que identifica entre las tesis de Duhem, pero sin detenerse en el *bon sens.*[26]

A pesar de lo que el trabajo de Quinn pudiera haber contribuido a clarificar la posición de Duhem, para la década de 1980, Roger Ariew señalaba que aún había una notable cantidad de literatura que hablaba de la '*tesis de Duhem*', la '*tesis D*', la '*tesis Duhem-Quine*', el '*problema de Duhem*', etcétera; pero "Lo que es curioso es que el mismo

---

(D) La tesis de la disyunción—Ninguna hipótesis teórica individual puede verificarse de manera concluyente realizando uno o más experimentos cruciales.

(I) La tesis de la inducción—Ninguna hipótesis teórica única puede verificarse de manera concluyente mediante la inducción a partir de observaciones" (Quinn 1974, p.37).

La mayor parte del texto de Quinn tiene como objetivo analizar los argumentos de Duhem respecto de cada una de estas tesis y sus relaciones.

[25] Quinn (1974, p.51) sólo menciona al *bon sens* para indicar que la idea de Duhem de que éste es el medio por el que decidimos qué hipótesis abandonar, no implica que Duhem acepté que siempre se puede conservar racionalmente cualquier hipótesis. Por otra parte, en un pie de página, Quinn atribuye a Mario Bunge (1970) una posible explicación de cómo el *bon sens* puede determinar una decisión respecto de qué hipótesis abandonar en un caso concreto. Sin embargo, en dicho texto de Bunge no se menciona explícitamente el concepto de *bon sens*, más bien, Bunge (1970, p.161) sostiene que, en un *experimento de testeo* en que se intenta poner a prueba una *teoría*, se debe proceder de la siguiente manera: Si la teoría ha enfrentado pruebas exitosamente en el pasado, entonces se debe revisar los supuestos adicionales, si no, tanto la teoría como los supuestos deben revisarse. Sin embargo, el propio Quinn reconoce que Bunge no ofrece razones para pensar que esta manera de proceder siempre será exitosa en identificar las causas de los resultados recalcitrantes de un experimento.

[26] La discusión entre estos autores consistió en establecer si la tesis S implica a la tesis F (véase la nota 24 a pie de página anterior sobre las tesis que Quinn atribuye a Duhem). Quinn (1974, p.47-48) sostiene que F no se sigue sólo de la tesis S, es decir, que el hecho de que ninguna hipótesis tenga consecuencias en aislamiento no implica que las hipótesis no puedan ser falseadas de manera concluyente. De acuerdo con Quinn, si pudiéramos, por ejemplo, verificar una hipótesis T_i en aislamiento, entonces, aunque fuera cierto que las hipótesis sólo tienen consecuencias empíricas en conjunto (lo que afirma la tesis S), podríamos refutar concluyentemente a otra hipótesis T*j* si ésta, en conjunto con T_i, llevara a resultados recalcitrantes. Sin embargo, Tuana (1978) argumenta que dicha conclusión de Quinn es errónea; si hubiera algún método para verificar hipótesis en aislamiento, entonces S (la tesis de que las hipótesis sólo tienen consecuencias empíricas en conjunto) sería falsa de inicio. Esto es así debido a que, de acuerdo con Tuana, si una conjunción de enunciados observacionales O* implica la hipótesis T_i, entonces, la negación de O (una nueva observación que es consecuencia de la conjunción T_i y T_j), junto con O*, implicaría la falsedad de T_j. "Pero, entonces, por reglas lógicas, T_j misma implicaría la disyunción de O y -O*; en cuyo caso T_j tendría sus propias implicaciones experimentales. Por tanto, S no sería cierta en tal situación (Tuana 1978, p.458). Quinn (1978) aceptó la crítica de Tuana.

Duhem no habría sido capaz de reconocer lo que se le atribuye en ninguno de los escritos mencionados" (Ariew, 1984, p.313). Ariew retoma algunos de los argumentos de Quinn[27] y también señala que las críticas a los argumentos de Duhem, en su mayor parte, se debían a malentendidos producidos por la asimilación de sus argumentos a los que Quine. Sin embargo, de nuevo, no encontramos un análisis detenido del concepto de *bon sens*. Al respecto, Ariew (1984, p.317, n.1) sólo comenta, que el *bon sens* es el juez que determina si una hipótesis es *ad hoc*, que es una facultad extra lógica, aunque no irracional, y que es similar a una *intuición*.

Al igual que Ariew o Quinn, H. Krips (1982) distingue las tesis de Duhem de las de Quine, pero hace más énfasis en las diferencias.[28] "Por tanto no hay una doctrina unívoca que pueda ser identificada como la epistemología Quine-Duhem" (Krips 1982, p.251). Respecto del *bon sens*, él (Krips 1982, p.259) señala que se pueden entender como 'conocimiento *tácito*'. Sin embargo, Krips tampoco discute cómo entender ese conocimiento tácito y su rol en la elección de hipótesis.

A pesar de los esfuerzos por distinguir las tesis de Duhem de las de Quine, la literatura sobre la *tesis de la subdeterminación de teorías* aún sigue refiriéndose a los argumentos de Duhem como su origen. Notablemente, la variedad de maneras de entender los argumentos de Duhem tienen paralelo en la diversidad de formas en que se ha entendido la *tesis de la subdeterminación*. De acuerdo con Kyle Stanford:

> La variedad de formas de subdeterminación que han sido sugeridas como confrontar la investigación científica, y las causas y consecuencias que se alegan para estas diferentes variedades, son lo suficientemente heterogéneas como para que los intentos de abordar 'el'

[27] Como la distinción de las tesis de Duhem, aunque enfatizando la importancia de la Quinn llamaba tesis de separabilidad.

[28] De acuerdo con Krips, las diferencias son las siguientes: Quine sostiene que todo el conocimiento puede ser revisado frente a evidencia recalcitrante, mientras que Duhem considera que las observaciones hechas mediante los sentidos son certeras y no se revisan; Quine sostiene que hay criterios objetivos para escoger qué aspectos del conocimiento corregir, mientras que Duhem señala que no los hay (en la lectura de Krips); y Quine ve la tendencia a conservar hipótesis como una virtud independiente, mientras que Duhem considera que el valor de esa tendencia depende de la búsqueda por poder explicativo en las hipótesis. Considero que lo que dice Krips respecto de que Duhem no reconoce criterios objetivos sobre qué hipótesis corregir es incorrecta. Krips llega a esa conclusión señalando que Duhem considera a las teorías como instrumentos, por lo que la elección de las hipótesis que conforman una teoría no tiene por qué ser objetiva. Sin embargo, Krips ignora que Duhem sostenía que las teorías debían asemejar a una *teoría ideal* y *unificada* a la que él llama *clasificación natural*. Debido a ello, los criterios para elegir las hipótesis no pueden ser completamente arbitrarios, puesto que deben asegurar que las hipótesis elegidas permitan construir teorías que asemejen lo más posible a la *clasificación natural*. Considero que un mejor análisis de las diferencias entre la postura de Quine y la de Duhem, respecto del holismo y la subdeterminación, es, por ejemplo, el de Wolfgang Pietsh (2012) o el de G. Massey (2011).

> problema de la subdeterminación de las teorías científicas a menudo hayan generado una confusión considerable de argumentación con propósitos contrarios (Stanford 2021).

En el caso de la *tesis de la subdeterminación*, la poca claridad respecto de cómo entenderla ha llevado a algunos filósofos a sostener que no es un problema genuino, es decir, se basa sólo en malentendidos. Laudan (1996), por ejemplo, sostiene que la tesis de la subdeterminación, como la formula Quine, asume que la única relación que pueden guardar las teorías con la evidencia es la de *implicación* lógica y que ello es un error.[29] Philip Kitcher (2001, p.342-353) considera que la tesis de la *subdeterminación* es, cuando mucho, una dificultad temporal que termina cuando los defensores de una teoría muestran que pueden tener éxito según los criterios de sus opositores. Más fuerte aún es la conclusión de algunos filósofos, como Newton-Smith (2001, p.535), quienes han señalado que los debates en filosofía de la ciencia sobre *subdeterminación de teorías científicas* consisten, a lo más, en discutir conjeturas altamente especulativas y sin fundamentos. También, John D. Norton (2008) argumenta que la tesis de la subdeterminación es poco más que una especulación basada en un entendimiento empobrecido de la *inducción*.

1.2 El análisis del *bon sens* en la literatura desde la segunda mitad del siglo XX

Sólo hasta la década de 1980s y 1990s es que encontramos estudios más detenidos sobre el concepto de *bon sens* de Duhem. En la biografía de Duhem escrita por Stanley L. Jaki (1987), por ejemplo, hay un capítulo dedicado a la filosofía de la ciencia de Duhem en el que se analiza, entre otras cosas, el uso que éste hace del *bon sens*, entendiéndolo como sentido común (que es como normalmente se traduce el concepto). Jaki identifica al concepto de *bon sens* como clave para entender a Duhem: "el rol del sentido común [*bon*

[29] También Laudan, junto con Jarrett Leplin, señala que incluso la noción de '*equivalencia empírica entre teorías*' (la idea de que dos teorías tengan las mismas consecuencias empíricas) es problemática. De acuerdo con ellos, qué consecuencias de una teoría son susceptibles de ser investigadas por experimentos es algo que depende, en parte, de la tecnología de la época. El hecho de que dos teorías tengan las mismas consecuencias es algo que depende del contexto histórico. "Esta contextualidad muestra que la determinación de equivalencia empírica no es un asunto puramente formal a priori, sino que debe referir, en parte, a la práctica científica. Socava cualquier programa formalista para delimitar el alcance del conocimiento científico por razones de equivalencia empírica" (Laudan y Leplin 1991, p.454). Samir Okasha (2002, p.308-309) critica esta conclusión de Laudan y Leplin argumentando que la clase de consecuencias empíricas de una teoría no cambian, sino que lo que cambia con la tecnología es "el cuerpo identificable de teoría en cuyas consecuencias empíricas estamos interesados"; es decir, cambian las consecuencias empíricas que se pueden investigar, pero no la cantidad de consecuencias empíricas. En mi opinión, sin embargo, la respuesta de Okasha asume que hay una manera clara y *a priori* de distinguir qué consecuencias de una teoría son empíricas y cuáles no, lo cual parece dudoso puesto que dependería de que podamos distinguir tajantemente, por ejemplo, enunciados teóricos de enunciados observacionales. Tales distinciones han sido objeto de mucho debate como se muestra en Holger Andreas (2021).

sens] en la filosofía de Duhem es de lo más fundamental, aunque en gran medida ha sido pasado por alto y casi invariablemente malinterpretado" (Jaki, 1987, p.319). Jaki asocia al *bon sens* de Duhem con un realismo aristotélico sobre la *experiencia cotidiana*. De acuerdo con Jaki, Duhem deliberadamente evitó elaborar sobre su concepto de *bon sens* porque aceptaba a la *experiencia cotidiana* como una forma válida de conocimiento y que no requiere discusión. No obstante, no es claro cómo Jaki concebía la función que Duhem atribuye al *bon sens* en el *testeo de hipótesis*.

Un análisis más detenido del concepto de *bon sens* en Duhem lo encontramos en la obra de R. N. D. Martin (1991). Martin señaló que Duhem utiliza de maneras distintas los términos *bon sens* y *sens commun*, aunque ambos suelen traducirse como 'sentido común'. De acuerdo con Martin (1991, p.81-82), Duhem sólo utiliza el término *bon sens* al hablar de la elección y abandono de hipótesis, mientras que utiliza el de *sens commun* como creencias comúnmente aceptadas. Además, Martin reconoce una variedad de otros roles que Duhem atribuye al *bon sens*, como el de derivar *consecuencias de ideas poco precisas* o *diseñar hipótesis que deban reemplazar a las que se abandona*; y señala que Duhem retoma el concepto de la obra del matemático, físico y filósofo Blaise Pascal (1623-1662).[30] Sin embargo, aunque Martin describe al *bon sens* como una forma de juicio, no propone explicaciones acerca de cómo entiende Duhem ese juicio.

Roberto Maiocchi (1985 y 1990) también ha contribuido al estudio del concepto de *bon sens* de Duhem en su estudio sobre la *supuesta postura convencionalist*a que se le suele atribuir a éste. De acuerdo con Maiocchi, Duhem *no* consideraba que la elección de teorías e hipótesis esté basada en meras convenciones.[31] Maiocchi considera que hay una postura *realista* en la filosofía de la ciencia de Duhem, lo cual requiere que la elección de teorías e hipótesis se haga a partir de consideraciones objetivas; de manera que el *bon sens* debe

[30] En varios de sus textos, en especial en *La teoría física, su objeto y estructura*, Duhem cita constantemente a Pascal. Además, Duhem hace constante uso de conceptos y distinciones que le atribuye al mismo Pascal, como la distinción entre 'mente geométrica' y 'mente de finura'. Sin embargo, no es obvio que Duhem haya usado los conceptos y distinciones de la misma manera que Pascal. Víctor Manuel Hernández Márquez (2017, p.103-105), por ejemplo, señala motivos para pensar que el uso que hace Duhem de las citas de Pascal es sólo retórico. De acuerdo con Hernández Márquez (2017), la popularidad de Pascal en la Francia de la época de Duhem lo hacía un recurso retórico útil, pero no necesariamente tan importante como Martin y otros han señalado.

[31] Para Maiocchi, la lectura de Duhem como un *convencionalista* no es consistente con el rechazo de éste a la física británica, ya que ésta se caracterizaba por el uso de *modelos* que eran considerados instrumentos o *convenciones*. Maiocchi asocia el rechazó de Duhem al uso de *modelos* con un rechazo al *convencionalismo*. De acuerdo con él, "El 'modelismo' anglosajón, propagado en Francia por Poincaré, le parecía a Duhem la variante más peligrosa del instrumentalismo y él la combatió al tomar una posición explícitamente contraria" (Maiocchi 1990, p.388).

consistir en algo más que estipular convenciones (lo que Maiocchi considera subjetivo). Al igual que Martin, Maiocchi también considera que Duhem distingue los términos *bon sens* y *sens commun*; el primero es el medio para elegir hipótesis y teorías, mientras que el segundo es 'conocimiento común' o creencias de la *experiencia cotidiana*[32]. La elección de hipótesis y teorías, en la lectura de Maiocchi, debería basarse en el contexto histórico. "Existe, en cada momento histórico, una herencia de la historia previa; un cuerpo 'confiable' de teorías que garantizan al físico experimentador la posibilidad de hacer 'observaciones' sin tener que dudar de cada concepto usado" (Maiocchi 1990, p.392). El momento histórico es el que, al poner a prueba hipótesis y teorías, permite llegar a conclusiones que no se obtienen a partir del puro análisis lógico; y son esas conclusiones las que Maiocchi considera que Duhem señala como medio para elegir hipótesis y teorías.[33] "El contexto histórico, en el que cada científico se mueve, guía la elección de hipótesis" (Maiocchi 1990, p.394).[34]

Por otra parte, Maiocchi (1990) llama la atención acerca de que, en un texto previo a *La Teoría Física*, Duhem señala que entre dos hipótesis posibles escogemos mediante criterios como el *alcance explicativo* y la *simplicidad*.[35] Sin embargo, Maiocchi considera que Duhem cambió de parecer, puesto que, en un artículo del año siguiente,[36] Duhem señala consideraciones diferentes; tales como el ambiente cultural, los hábitos adoptados por los científicos, la educación recibida, entre otros aspectos. "En la teoría [física] esta idea es desarrollada extensivamente y representa una de las tesis básicas de todo el trabajo. El contexto histórico, en el que el científico se mueve, guía la elección de hipótesis" (Maiocchi 1990, p.394). Es decir, los comentarios de Maiocchi nos llevan a considerar que *Duhem*

[32] En la lectura de Maiocchi, "el buen sentido [*bon sens*] no tiene nada que ver con la experiencia cotidiana, con el conocimiento vulgar: pertenece a los científicos, es la sabiduría del científico refinado, educado por el conocimiento de las teorías modernas, creadas por largos y fatigosos años de estudio, sentido común, por lo tanto, impregnado de teorías adicionado de la educación que el científico individual ha recibido" (Maiocchi, 1985, p.231). En el capítulo 6 argumentaré que, de hecho, y contrario a lo que dice Maiocchi, el *bon sens* de Duhem sí está relacionado con el ámbito de la *experiencia cotidiana*.

[33] A pesar de que es indudable que la historia de la ciencia juega un papel central para la filosofía de la ciencia de Duhem, éste también señala que, en algunos casos, los físicos deben abandonar hipótesis o convenciones que han sido aceptadas durante mucho tiempo. De manera que sería dudoso concluir que la elección de hipótesis, para Duhem, siempre consiste en aceptar lo que la historia nos ha mostrado que es exitoso, como parece pensar Maiocchi. Aun así, el énfasis que así Maiocchi sobre la *continuidad histórica* que Duhem reconoce en el desarrollo de las teorías ciertamente arroja luz sobre aspectos importantes de cómo éste concibe la elección de hipótesis: tal elección se hace en un contexto específico que juega un rol importante al determinar cuáles se abandonan y cuáles no en el curso de la investigación.

[34] Con todo, hay que notar que *Maiocchi no hace una distinción entre la elección de hipótesis y la elección de teorías*, a pesar de la importancia de tal distinción señalada por autores como Quinn.

[35] Estas afirmaciones se pueden encontrar en Duhem (1892/1996, p.22-23).

[36] Maiocchi se refiere aquí a Duhem (1893/1996 p.74).

pudo haber entendido la elección de hipótesis a partir de criterios de simplicidad y alcance explicativo, en un primer momento, pero posteriormente reconoció que los contextos específicos son los que controlan la elección y fue, entonces, que recurrió al concepto de bon sens.

Anastasios Brenner (1990a), al igual que Maiocchi, enfatiza la importancia de la historia de la ciencia para la filosofía de Duhem. Aunque Brenner (1990a) no analiza el concepto de *bon sens* de Duhem, sí hace señalamientos relevantes sobre cómo Duhem entendía la *elección de hipótesis*. Brenner considera que Duhem fue desarrollando su rechazo al entendimiento tradicional de la metodología, lo que él llama '*método newtoniano*', durante la última década del siglo XIX.[37] Este rechazo haría necesaria alguna alternativa para explicar la elección de hipótesis y, de acuerdo con Brenner, Duhem da dicho reemplazo en el libro *La teoría física su objeto y estructura*. En dicho libro, Duhem hace un uso extenso de la historia de la ciencia para explicar el surgimiento de, por ejemplo, la gravitación de Newton: "Esta explicación está claramente pensada como una alternativa a la reconstrucción inductivista" (Brenner 1990a, p.331). Es decir, Brenner considera, como Maiocchi, que la historia de la ciencia es lo que guía la elección de hipótesis para Duhem. De hecho, Brenner consideraba que tomar en cuenta el interés de Duhem en la historia de la ciencia no sólo ayuda a entender su concepción de la elección de hipótesis, sino que podía dar mayor claridad sobre la obra de Duhem en conjunto. Esto se debe a que Brenner considera que las ideas de Duhem evolucionaron desde intereses principalmente metodológicos a intereses históricos. De manera que las diferencias o cambios de énfasis que encontramos en las ideas de Duhem, en distintos periodos, se pueden entender por la creciente importancia que cobró su interés en la historia de la ciencia.

Otra investigación centrada en dar una imagen coherente de la obra de Duhem en su conjunto, más reciente que los trabajos mencionados, ha sido la de Jean-François Stoffel (2002). De acuerdo con Stoffel (2002, p.355), el proyecto de Duhem era uno científico: unir las diferentes ramas de la física bajo la termodinámica en una teoría representativa y no explicativa de la realidad. Otros elementos, como el uso del *bon sens*, se desarrollaron, de acuerdo con Stoffel, en el proceso de llevar a cabo dicho proyecto. Sin embargo, es poco

[37] Analizaré con más detalle el rechazo de Duhem al método newtoniano y cómo lo entiende a lo largo del capítulo 5.

lo que, finalmente, Stoffel aporta sobre el *bon sens*, además de reiterar lo que había señalado Martin respecto de que Duhem retoma dicho concepto de la obra de Pascal.

Philippe Mongin (2009) más que dar una interpretación del *bon sens*, resalta un aspecto de este que considero relevante. Él señala que el *bon sens* es un medio para decidir sobre el abandono de una hipótesis y que esa decisión está relacionada con evaluar el estado de la investigación. Es decir, él enfatiza que un experimento de testeo y el eventual uso del *bon sens* no son eventos aislados. "El experimento obtiene su significado de su lugar en una historia" (2009, p.314). Considero que la importancia del trabajo de Mongin, para los fines de este capítulo, consiste en resaltar que *el uso del bon sens marca una etapa del proceso de investigación*. Sin embargo, Mongin no hace un análisis más detenido del *bon sens* y se limita a señalar lo anterior.

Otros autores dejan de lado el concepto de *bon sens* por completo y, más bien, han propuesto sus propias soluciones a lo que consideran el "problema de Duhem". Jon Dorling (1979) argumenta que dicho problema consiste en identificar la hipótesis que genera un resultado recalcitrante en una prueba experimental y que eso se puede resolver mediante el uso del *teorema de Bayes*. Lindley Darden (1991) plantea la dificultad como la de descomponer los diversos supuestos involucrados en las predicciones de una teoría y propone estrategias para identificar rutas alternativas para testearlos. Deborah G. Mayo (1996, p.102) describe al "problema de Duhem" como el de localizar qué componente de una prueba experimental, con resultados recalcitrantes, es causante del error. Su solución consiste en el uso de procedimientos que son parte de la práctica experimental y que permiten estimar la probabilidad de que de que una hipótesis, u otro recurso, sea responsable del resultado recalcitrante. Marcel Weber (2009), por su parte, se refiere al "problema de Duhem" como el de escoger entre hipótesis a partir de un experimento, es decir, llevar a cabo un experimento crucial. Weber propone una solución basada en una forma de *inferencia a la mejor explicación*.[38]

[38] Milena Ivanova (2021, p.33-49) presenta una discusión crítica de las limitaciones de las aproximaciones de Dorling, Mayo, Darden y Weber. En el caso de Dorling, es sabido que el uso del teorema de Bayes requiere que sea posible atribuir, *a priori*, una determinada probabilidad de que cada hipótesis que se considera sea correcta. Ivanova (2021, p.37) señala que no parece haber una manera de justificar dicha asignación *a priori* de probabilidad. En el caso de Darden, Ivanova (2021, p.39-40) señala que es dudoso que siempre podamos identificar los supuestos implícitos en cualquier situación. Respecto del caso de Weber, Ivanova (2021, p.49) señala que lo que consideramos 'la mejor explicación' para un *experimento de testeo* puede no ser algo que podamos identificar de manera *objetiva*. Más aún, Ivanova considera que la descripción de Weber parece reducirse a consideraciones sobre simplicidad. En el caso de Mayo, Ivanova no señala objeciones importantes, pero debe decirse que Mayo no afirma proveer una solución completa.

Hasta aquí, considero que es claro que hay una importante variedad de maneras de entender los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis*, así como su concepto de *bon sens*. Sin embargo, todavía hay una nueva perspectiva sobre el *bon sens* de Duhem en la literatura que no he discutido y que analizaré en la siguiente sección. Esta nueva perspectiva consiste en la propuesta de interpretar al *bon sens* como un concepto de *epistemología de la virtud* y, como veremos, ha renovado la discusión en torno a dicho concepto en los últimos años. Es por ello por lo que analizaré con más detenimiento las interpretaciones más importantes del *bon sens* que siguen esta nueva perspectiva en la siguiente sección. Nótese, sin embargo, que esta nueva perspectiva añade aún más diversidad a la manera en que la literatura en filosofía de la ciencia interpreta los argumentos de Duhem.

1.3 El *bon sens* como epistemología de la virtud en la literatura reciente

El giro que se ha producido en la literatura durante los últimos años comenzó a partir de que David J. Stump (2007 y 2011) argumentó que era posible entender al *bon sens* de Duhem como un concepto de *epistemología de la virtud*. La *epistemología de la virtud* es una aproximación a la epistemología que consiste en "ver a los agentes y comunidades intelectuales como el principal foco de evaluación epistémica" (Turri, Alfano y Greco 2021). Así como la ética de las *virtudes* busca explicar las acciones morales en términos de las propiedades de los agentes, como en el hecho de que una acción sea motivada por amabilidad o desprecio; así la *epistemología de la virtud* busca dar cuenta de la adquisición del conocimiento considerando *virtudes* de los agentes. Es decir, se busca definir *conocimiento* en términos de aquello que creería una persona intelectualmente virtuosa.

Stump (2007) se apoya en la distinción entre *sens commun* y *bon sens*, como la describe Martin, para señalar que éste último concepto puede asociarse con *virtudes* morales.[39] De acuerdo con él "Para entender la epistemología de Duhem, es crucial que se mantenga una distinción entre su término 'buen sentido' [*bon sens*], que es una virtud moral y 'sentido común' [*sens commun*] que, de acuerdo con Duhem, consiste en proposiciones universalmente admitidas" (Stump 2007, p,152). Stump resalta el hecho de que Duhem enfatizaba la importancia de *virtudes morales* al hablar del *bon sens*; virtudes tales como la *imparcialidad*, la *rectitud*, la *honestidad*, etc. De acuerdo con Duhem:

[39] Analizaré con más detenimiento esta distinción entre *bon sens* y *sens commun* en la sección 6.6.

> La sana crítica experimental de una hipótesis está subordinada a ciertas condiciones *morales*; para apreciar exactamente el acuerdo de una teoría física con los hechos, no basta ser un buen geómetra y un hábil experimentador, hace falta también ser un juez imparcial y leal. (Duhem 2003, p.287-288, énfasis añadido)[40]

De manera que Stump considera que podemos entender al *bon sens* como la elección de teorías basada en *virtudes*.[41] "Como los epistemólogos de la virtud contemporáneos, Duhem también toma el conocimiento como dependiente de las virtudes del conocedor. Los científicos deben tener virtudes intelectuales e, incluso, morales, para alcanzar el conocimiento científico, especialmente cuando escogen entre teorías empíricamente adecuadas" (Stump 2007, p.150). Esta lectura, de acuerdo con Stump, es consistente con las características que Duhem atribuye al *bon sens*; es decir, su lectura es consistente con el hecho de que Duhem le atribuya una función normativa al *bon sens* así como con su afirmación de que no se reduce a reglas fijas. "Las teorías de virtudes de la ética son atractivas, no sólo porque ayudan a explicar el aspecto normativo de la epistemología, sino porque permiten la flexibilidad de dar explicaciones no gobernadas por reglas de la elección epistémica" (Stump 2007, p.152). Es decir, así como Duhem no da reglas claras al referirse al *bon sens*, la evaluación de las virtudes de los científicos tampoco se basa en reglas universales, sino que depende fuertemente del contexto. Esto, sin embargo, no compromete la objetividad de la decisión. "En la explicación de Duhem de la elección de teorías hay apertura, dado que no se aplican reglas estrictas, pero también objetividad. La fuente de la objetividad es el agente epistémico—el científico que actúa como juez imparcial y toma la decisión final" (Stump 2007, p.155).

Con todo, Stump no aclara cómo las virtudes morales pueden resolver la elección de hipótesis o teorías y se limita a proponer dicha lectura, según la cual el *bon sens* es evaluación de virtudes, como una línea de investigación. Es decir, Stump deja abiertas una serie de preguntas acerca de su lectura del *bon sens*, tales como ¿Cuáles virtudes son las

---

[40] También, en *La Ciencia Alemana*, Duhem señala que "En el reino de cada ciencia, pero particularmente en el de la historia, la búsqueda de la verdad no sólo requiere habilidades intelectuales, sino también cualidades morales: rectitud, honestidad, desapego de todo interés y todas las pasiones" (Duhem 1915/1991, p.43). Duhem no dice explícitamente que el *bon sens* sea el conjunto de esas virtudes, pero afirma que en la historia no se puede investigar de manera puramente deductiva y que requiere, más bien, el '*espíritu de finura*' un concepto que asocia al *bon sens*.

[41] Nótese que Stump entiende al *bon sens* como un recurso para la elección *de teorías*, a pesar de que se ha señalado que esta no era la intención de Duhem. Otros autores que siguen la aproximación de Stump también entienden al *bon sens* en el contexto de la *elección de teorías*.

que se deben considerar?, ¿qué función tienen? O ¿cómo se evaluarían en casos específicos?

Una propuesta más acabada respecto de cómo interpretar el *bon sens*, parcialmente en la dirección propuesta por Stump, es la de Milena Ivanova (2010). Sin embargo, Ivanova advierte que, aunque las *virtudes morales* sí son importantes para Duhem, los objetivos de los *epistemólogos de la virtud* no son consistentes con la filosofía de Duhem. Esto se debe a que los *epistemólogos de la virtud* buscan definir conocimiento, o *creencias verdaderas justificadas*, mientras que Duhem considera que tales creencias son inalcanzables para la ciencia. En la lectura de Ivanova, "[El *bon sens*] no lleva a creencias verdaderas justificadas, sino simplemente a la aceptación temporal de una teoría" (Ivanova 2010, p.62).[42] Además, Ivanova llama la atención respecto de que Duhem parece señalar que aceptamos las teorías *sólo* a partir de nuevos descubrimientos; ya que él afirmó que:

> Si dos teorías distintas representan los mismos hechos con la misma aproximación, el método físico considera que ambas tienen absolutamente el mismo valor. Entre estas dos teorías equivalentes, el método físico no tiene derecho a imponernos una decisión, sino que está obligado a dejarnos elegir libremente. No hay duda de que el físico elegirá entre esas teorías lógicamente equivalentes, pero lo hará guiado por razones de elegancia, de simplicidad, de comodidad, por razones de conveniencia básicamente subjetivas, contingentes, que varían con el tiempo, con las escuelas y con las personas. Por graves que puedan ser esos motivos en algunos casos, nunca lo serán tanto como para que ellos deriven necesariamente la adhesión a una o al rechazo de la otra. Tan sólo el descubrimiento de un hecho que una de estas teorías podría representar y la otra no tendría como consecuencia una elección forzada (Duhem 2003, p.379).

Duhem hace estas afirmaciones en el contexto de su discusión sobre si la física puede contradecir o apoyar *sistemas metafísicos* o *convicciones religiosas*.[43] En mi lectura, el punto de Duhem aquí es que podemos concebir diferentes teorías, pero que los métodos de la física no permiten determinar cuál de ellas es verdadera. Sin embargo, Ivanova toma las

[42] Aun así, Ian James Kidd (2011) argumenta que los fines de la ciencia, como los entiende Duhem, no son necesariamente incompatibles con la *epistemología de virtudes* como afirma Ivanova. De acuerdo con Kidd, hay dos subdivisiones entre los epistemólogos de virtudes, los que llama *confiabilistas* [*reliabilist*] y *responsabilistas* [*responsibilist*]. Él considera que la diferencia que Ivanova señala entre Duhem y los epistemólogos de virtudes sólo es válida para el caso de los confiabilistas y no en el caso de los responsabilistas. A dicho argumento, Ivanova (2011) responde que "Kidd no muestra la relevancia y significado de la distinción entre la epistemología de virtudes confiabilista y la responsabilista" (Ivanova 2011, p.611). Con todo, Sindhuja Bhakthavatsalam (2017), ha propuesto una reconstrucción del *bon sens* que también considera congruente con el confiabilismo.

[43] De hecho, estas afirmaciones se encuentran en el apéndice titulado *La física de un creyente*.

afirmaciones de Duhem para concluir que, de acuerdo con él, *sólo el descubrimiento de nuevos hechos* nos hace aceptar una teoría. "Si es así, el buen sentido [*bon sens*] parece insuficiente para proveernos una base para la elección; a lo más parece explicar por qué un científico escoge una teoría cuando nosotros examinamos esa elección" (Ivanova 2010, p.61). Es decir, Ivanova considera que hay una tensión entre las afirmaciones de Duhem respecto de que sólo el descubrimiento de un hecho nos lleva a aceptar una teoría y las afirmaciones en las que dice que elegimos mediante *bon sens*. No es claro para qué necesitamos el *bon sens* si la elección de teorías la haremos sólo hasta encontrar un nuevo descubrimiento. A lo más, el *bon sens* parecería ser un juicio retrospectivo sobre que opción era la correcta, al examinar la historia de la ciencia.

Sin embargo, Ivanova reconoce que Duhem da a entender que el *bon sens* sí es un medio para hacer una elección activa. De manera que Ivanova señala que es posible apoyarse en la idea de que las virtudes intelectuales y morales pueden ser vistas como *disposiciones para el comportamiento* y, a partir de esa idea, dar una reconstrucción del *bon sens* congruente con las afirmaciones de Duhem. Ivanova propone que podemos entender al *bon sens* como las propiedades (o virtudes) que consideramos que debería tener un 'científico ideal'. Es decir, podemos entender la elección de teorías, a partir del *bon sens*, como una elección basada en lo que haría tal 'científico ideal'. "Considerar al buen sentido [*bon sens*] como una colección de virtudes que un científico ideal posee tiene varias ventajas. Primero, nos ayuda a explicar por qué los científicos buscan ser imparciales y por qué la práctica mejora su buen sentido [*bon sens*]" (Ivanova 2010, p.63).[44] Esto sucede porque entendemos a los científicos como tratando de practicar virtudes, las cuales se pueden entender como disposiciones desarrolladas a través de la experiencia. Pero, lo más importante es que nos da una manera de entender al *bon sens* en la que éste ya no es sólo una forma de explicar las decisiones de los científicos de manera retrospectiva. "Al preguntarse a sí mismos qué haría un científico ideal en una situación particular, los científicos pueden emplear un razonamiento contrafáctico que puede dar forma a los resultados de sus decisiones y acciones…puede servir como guía para los científicos cuando la evidencia empírica no determina cuál de dos o más teorías rivales deben escogerse" (Ivanova 2010, p.63). Es decir, aunque no exista tal 'científico ideal' que posea virtudes ideales, los científicos reales pueden dirigir sus acciones tratando de emularlo.

[44] En Duhem (2003, p.287), por ejemplo, Duhem dice que los científicos pueden acelerar el progreso de la ciencia esforzándose por lograr que su propio *bon sens* sea más lúcido y atento.

Evidentemente la reconstrucción del *bon sens* que propone Ivanova está inspirada en las ideas de Duhem, pero no pretende ser sólo una tesis histórica sobre lo que genuinamente pensaba Duhem, ya que, éste no mencionaba explícitamente la idea de un 'científico ideal'. Sin embargo, hay que reconocer que la reconstrucción de Ivanova identifica y recupera muchas de las características que Duhem atribuye al *bon sens*. Es decir, Ivanova muestra claramente, por ejemplo, que el *bon sens* no es un medio para elegir *teorías verdaderas*, que puede consistir en *virtudes* entendidas como *disposiciones* para el comportamiento y que su uso mejora en cada científico con la práctica.[45]

Pero la conclusión acerca de que el *bon sens* no lleva a creencias verdaderas ha motivado una discusión acerca de cuál es, entonces, su *valor epistémico*. Es decir ¿qué es exactamente lo que el *bon sens* nos proporciona? ¿apoyo epistémico?, ¿justificación de creencias? o ¿nada de eso? Buena parte del análisis del *bon sens* de Abrol Fairweather (2012a y 2012b) está motivado por este tipo de preguntas. Podríamos afirmar, de acuerdo con Fairweather, que el *bon sens* confiablemente nos permite identificar las teorías que, eventualmente, serán apoyadas por la evidencia que se descubra en el futuro. "Pero, ahora parece que la evidencia futura no es necesaria para distinguir evidencialmente la teoría elegida por el buen sentido [*bon sens*], porque la confiabilidad del buen sentido [*bon sens*] es, en sí misma, evidencia en apoyo de la teoría" (Fairweather, 2012b, p.143). Es decir, parecería que el *bon sens*, entendido así, haría redundante a la evidencia. Si el *bon sens* nos permite escoger la teoría que eventualmente será apoyada por la evidencia, entonces no necesitamos esperar a tal evidencia para aceptar la teoría. Sin embargo, Fairweather también reconoce que la afirmación de Duhem, respecto de que sólo el *descubrimiento de nuevos hechos* nos hace adherirnos a una teoría, sugiere que la función del *bon sens* no puede ser la de reemplazar a la evidencia. Si el *bon sens* no nos da una decisión final, "… necesitamos alguna diferencia relevante entre la clase de evidencia que viene del confiable buen sentido [*bon sens*] y la evidencia futura…" (Fairweather, 2012b, p.143). Si fuera de otra forma, es decir, si el *bon sens* no hiciera una diferencia, entonces tampoco sería necesario.

Para resolver esta cuestión, Fairweather (2012b), interpreta al *bon sens* como un *carácter cognitivo* que los científicos desarrollan en la práctica de su actividad. La mayor parte de esa actividad, de acuerdo con él, se rige por reglas metodológicas claras y, mientras

[45] En la siguiente sección veremos la lista de características que la literatura reciente ha identificado que Duhem atribuye al *bon sens* y que una interpretación razonable debería poder recuperar.

las siguen, los científicos adquieren "un conjunto de habilidades, destrezas y disposiciones" (Fairweather, 2012b, p.141). Sin embargo, de acuerdo con Fairweather, en contextos en que las reglas ya no son suficientes para escoger teorías, como en casos de *subdeterminación*, el científico recurre a ese *carácter cognitivo*, o *bon sens*, que ha desarrollado previamente. De manera que Fairweather considera que el *bon sens* consiste en una disposición favorable hacia una teoría, necesaria, aunque no suficiente para aceptarla. Esa disposición es necesaria porque "Sin buen sentido [*bon sens*] la nueva evidencia nunca será suficiente para determinar sólo una teoría entre un rango de opciones de revisión" (Fairweather 2012b, p.144). Esto se debe a que, como hemos visto, Duhem señala que, ante evidencia experimental en contra de una hipótesis, no necesariamente podemos concluir que la hipótesis ha sido refutada, ya que podemos asumir que hay un error causado por algún otro recurso utilizado en la prueba. En la interpretación de Fairweather, Duhem afirma que la evidencia nunca es, por sí sola, suficiente para determinar la elección de teorías. "Independientemente del buen sentido [*bon sens*], la elección de teorías nunca podría determinarse, incluso con nueva evidencia confirmatoria. Sin embargo, con el buen sentido [*bon sens*] confiriendo singularidad a una teoría y excluyendo a otras de la competencia por la misma consideración, esa misma evidencia futura puede contar, luego, decisivamente a su favor" (Fairweather 2012b, p.144).

De esta forma, Fairweather sostiene que podemos rescatar la relevancia del *bon sens* en la *elección de teorías*, sin que la evidencia empírica deje de ser relevante. En su lectura, el *bon sens* nos predispone en favor de una teoría y a no tratar de rescatar teorías alternativas de la refutación. Al mismo tiempo, sólo la evidencia empírica confirma la teoría. Es decir, sólo la combinación entre la evidencia empírica y el apoyo del *bon sens* resuelve la elección de teorías. "El resultado es que la pura evidencia nunca puede conferir individualidad a una teoría, pero puede conferir apoyo epistémico fundamental a una teoría que ya tiene esa singularidad [que confiere el *bon sens*]. Llamo a esto la lectura híbrida" (Fairweather 2012b, p.144). Esta *lectura híbrida*, de acuerdo con Fairweather, retoma la epistemología de la *virtud*, como la sugería Stump, para interpretar el *bon sens* como conjunto de virtudes de los científicos para resolver casos de subdeterminación; al mismo tiempo, él señala que su lectura del *bon sens* (como conjunto de habilidades, destrezas y disposiciones que los científicos desarrollan) es consistente con la propuesta de Ivanova (2010) de considerar dichas características como cualidades de un científico ideal.

Más adelante argumentaré que una dificultad con la lectura del *bon sens* que hace Fairweather es que lo entiende como un medio para la *elección de teorías*. Sin embargo, hay varios aspectos de sus argumentos que considero acertados, en particular el énfasis que hace respecto de que, como sea que interpretemos al *bon sens*, su *importancia no debe entenderse de manera que haga innecesaria a la evidencia experimental*. Es decir, cualquier interpretación plausible del *bon sens* debe contender con el hecho de que éste es un medio para hacer una elección, pero no es un sustituto de los resultados experimentales.

1.4 Limitaciones de las interpretaciones del *bon sens* en epistemología de la virtud y en otras propuestas recientes

A pesar de la importancia de las contribuciones de Stump, Ivanova y Fairweather, ellos no sólo difieren respecto de cómo entender al *bon sens*, sino también respecto de cuál es el tipo de dificultad al que responde. Dichos autores concuerdan en que es un asunto de *elección de teorías*, pero difieren respecto de si esa elección consiste en escoger teorías verdaderas (Stump), teorías tentativas (Ivanova) o dar "apoyo epistémico parcial" a una teoría (Fairweather).

Pero, adicionalmente, Ivanova (en su trabajo conjunto con Cedric Paternotte), al analizar las propuestas de Stump (2007), Ivanova (2010), Fairweather (2011) y Mongin (2009) sobre el *bon sens*, concluye que "Sin embargo, estas reconstrucciones son insatisfactorias por varias razones" (Ivanova y Paternotte 2013, p.1110). Los motivos son: "Primero, es dudoso que sean fieles al concepto de Duhem… Más aún, estas reconstrucciones discrepan con respecto a las características centrales del buen sentido [*bon sens*]. Segundo, también es dudoso que estas explicaciones provean soluciones adecuadas al problema de la elección de teorías" (Ivanova y Paternotte 2013, p.1110). Es decir que, aun si se pudiera mostrar que no hay diferencia relevante entre cómo estos autores entienden la *elección de teorías*, las reconstrucciones del *bon sens* que se han propuesto seguirían siendo insatisfactorias.[46]

[46] Investigaciones más recientes, como la de Dietrich y Honenberger (2020), corroboran la conclusión de que las interpretaciones que se han propuesto para entender al *bon sens*, como medio para la elección de teorías, son insatisfactorias. "En resumen, el problema fundamental con la solución del 'buen sentido' [*bon sens*] de Duhem es que, en todas sus formas, o bien falla en guiar acciones o bien falla en ser normativamente justificado" (Dietrich y Honenberger 2020, p.341). Es decir, las reconstrucciones resultan, o bien demasiado vagas como para ser útiles, o bien parecen difíciles de justificar.

Con todo, la literatura reciente ha permitido reconocer que Duhem, a pesar de no dar explicaciones claras o sistemáticas, parece atribuirle al *bon sens* las siguientes características:

1. se basa en parte en algunos criterios super-empíricos.
2. se ve obstaculizado por pasiones e intereses, y puede obtenerse mejor esforzándose por la imparcialidad y la fidelidad.
3. no se puede reducir a un algoritmo o una lista de criterios.
4. siempre termina favoreciendo una teoría (si se le da suficiente tiempo).
5. acelera el progreso científico.
6. se cultiva mediante la práctica científica.
7. No es lógico sino razonable.
8. es un conjunto de propiedades morales e intelectuales.
9. no está igualmente instanciado en todos los agentes. (Ivanova y Paternotte 2013, p.1117)

Respecto de la dificultad que el *bon sens* de Duhem debía resolver, vale la pena notar que la posición de los autores más recientes contrasta con la de los mencionados en la sección 1.1; en especial respecto de si la dificultad que debe resolver el *bon sens* es la de *elección de teorías*. En dicha sección 1.1 vimos que, por ejemplo, Philip Quinn criticó a Popper por sostener que los argumentos de Duhem son sobre la verificación de teorías. Quinn enfatizaba que dichos argumentos conciernen a *hipótesis individuales*. En efecto, Duhem propone su concepto del *bon sens* al discutir las opciones de un físico cuando obtiene resultados negativos del *testeo de hipótesis*. Duhem (2003, p.285-286) sostiene que, en esos casos, el físico puede proceder de dos maneras: siguiendo la '*estrategia tímida*' o la '*estrategia audaz*'. La primera consiste en conservar la hipótesis y proceder a buscar errores en otros supuestos implicados en el *testeo* experimental; mientras que la estrategia audaz consiste en rechazar la hipótesis para buscar una alternativa. De manera que *la elección, para la que Duhem propone el bon sens, es entre estrategias de investigación*.[47]

Las estrategias que discute Duhem consisten en conservar la *hipótesis* original (cambiando otros supuestos) o en reemplazarla. Dado que Duhem distingue los conceptos de *hipótesis* y *teoría*, no es obvio que la elección entre las *estrategias* sea equivalente a elegir teorías. Duhem consideraba a las teorías como sistemas que involucran *conjuntos* de

[47] Estas estrategias, así como los ejemplos que da Duhem de ellas, las analizaré, junto con los ejemplos que él propone, en las secciones 6.1, 6.2 y 6.3.

hipótesis y él no parece negar que dichos *conjuntos* (o teorías) se puedan someter a test por experimento.[48] Las dificultades que Duhem señala parecen más relacionadas con los supuestos individuales, es decir, las hipótesis. Dado que cada estrategia involucra conservar o rechazar *hipótesis individuales*, la elección entre *estrategias* implica *elección de hipótesis*, pero no es obvio que se trate de elección entre los sistemas completos que son las teorías. Aun así, autores como Ivanova (2010, p.59) asumen que el *bon sens* se usa en la elección entre *teorías subdeterminadas* debido a que cada estrategia que señala Duhem produciría una teoría diferente. Es decir, un físico que trabaja con una *hipótesis A* puede seguir la 'estrategia tímida' al encontrar un resultado experimental recalcitrante, lo cual lo llevará eventualmente a formular una *teoría A*. Dicha teoría incluirá la *hipótesis A* original y daría cuenta del resultado experimental. Sin embargo, otro físico que trabaja con la misma hipótesis puede seguir la 'estrategia audaz' y buscar una *hipótesis B* para reemplazar a la original. Este segundo físico, *si tiene éxito*, terminará con una *teoría B*, la cual incluye la *hipótesis B*, pero no la *hipótesis A*, aunque también es consistente con el resultado experimental. De manera que, de acuerdo con los autores como Ivanova, la elección entre las estrategias 'tímida' y 'audaz' equivale a la elección entre las *teorías* A y B, ambas consistentes con el resultado experimental inicialmente recalcitrante.

Sin embargo, considero que hay diferencias relevantes entre la situación que describe Duhem y cómo la reconstruyen autores como Ivanova. La diferencia es la que hay entre escoger productos y escoger procesos. En general, escoger entre posibles estrategias (o procesos) tiene un *riesgo* diferente debido a que no sabemos si alguna de las opciones tendrá éxito. Es decir, al escoger entre teorías ya tenemos dos teorías consistentes con resultados experimentales, pero al escoger entre estrategias de investigación, no sabemos cuál de ellas, si es que alguna, producirá una *teoría* satisfactoria. La incertidumbre en este caso es más grave, en tanto que, aun si la estrategia que optamos por seguir resulta insatisfactoria, no sabemos si esto se debe a que hace falta más investigación o si se debe a que está destinada al fracaso. En otras palabras, al elegir entre teorías sabemos que cualquier opción da cuenta de los resultados experimentales, pero no sabemos si eso será posible al escoger entre estrategias.

En la literatura revisada en la sección 1.1 hemos visto que ya se había señalado que Duhem consideraba la posibilidad de que alguna de las estrategias, que se pueden adoptar

[48] Veremos la definición de teoría de Duhem con más detenimiento en la sección 5.5.

frente a resultados recalcitrantes, puede resultar fallida. Como vimos, Grünbaum (1960/1976) criticaba a Duhem la idea de que *siempre* fuera posible encontrar una hipótesis alternativa que fuera consistente con los datos experimentales. Sin embargo, lo que otros autores respondieron es que Duhem nunca hizo esa afirmación. "Duhem no está afirmando que toda hipótesis pueda ser salvada, sino sólo que, a menos que uno haya probado que no puede ser salvada, entonces no ha sido falseada" Laudan (1965/1976). Es decir, la "estrategia audaz" puede no ser exitosa y algo similar puede decirse de la "estrategia tímida". *La elección que requiere de bon sens no es entre teorías completas, sino entre estrategias que se pueden adoptar frente a resultados recalcitrantes.*[49]

Complementaré el argumento, respeto de que el *bon sens* no es un medio para elegir entre *teorías subdeterminadas*, en la sección 6.5; pero aquí podemos notar que dicha conclusión nos ayuda a entender las afirmaciones de Duhem que resultaban tan difíciles de explicar para Ivanova (2010) y Fairweather (2012). Como vimos en la sección anterior, ellos señalaban que resulta difícil entender cuál es la utilidad del *bon sens*, si Duhem dice que sólo se puede elegir entre teorías por el *descubrimiento de un nuevo hecho* que sólo sea consistente con una de ellas. Ivanova resolvía esto concluyendo que la elección del *bon sens* es tentativa y Fairweather sostiene que éste sólo da 'apoyo epistémico parcial'. Sin embargo, esta dificultad se disuelve si reconocemos que, para Duhem, la *elección de teorías* es un tema diferente al de la elección que requiere el *bon sens*. Y, en efecto, Duhem no menciona al *bon sens* en la sección de su libro que citan los autores, como Ivanova y Fairweather, en la que afirma que la *elección de teorías* sólo se resuelve con un nuevo descubrimiento.[50]

Por otra parte, aquí es pertinente señalar la investigación de Jamie Shaw (2020), quien es uno de los pocos autores recientes que *rechaza* que el *bon sens* sea un medio para resolver la *elección de teorías*. Shaw señala que hay una ambigüedad en la idea de 'elegir una teoría'; puede significar aceptar una teoría como correcta o aceptar que ésta es prometedora para ser investigada. Respecto de qué teoría investigar, Shaw (2020, p.71)

[49] Este problema sólo se puede entender como subdeterminación, a lo más, en el sentido de lo que Kyle Stanford llama "*subdeterminación holista*". "La subdeterminación holista emerge cuando nuestra habilidad para testear hipótesis en aislamiento nos deja subdeterminados en nuestra *respuesta* a una predicción fallida o algún otro aspecto de evidencia recalcitrante" (Stanford 2021, énfasis en el original). Sin embargo, como señala Shaw (2020, p.74), la literatura reciente ha interpretado al *bon sens* como medio para resolver una *subdeterminación contrastiva*, que considera dos o más teorías completas.

[50] Como vemos en la sección anterior, ellos citan las afirmaciones sobre la elección de teorías en Duhem (2003, p. 379).

interpreta la afirmación de Duhem, respecto de que no se puede condenar *a priori* ninguna de las estrategias (tímida o audaz), como la idea de que los métodos para investigar una teoría sólo se pueden juzgar en retrospectiva. De manera que Shaw considera que el *bon sens* no se usa para la *elección de teorías* en ninguno de los dos sentidos, ya que ninguno es retrospectivo. En su lectura, Duhem considera que todas las teorías que se propongan deben ser investigadas y lo que se elige con *bon sens* es cuándo abandonar una de ellas. Shaw enfatiza, también, que ese abandono no equivale a aceptar una teoría rival, ya que Duhem señala que, aunque sepamos que una teoría es incorrecta, esto no significa que sepamos cuál otra sí es correcta.

De acuerdo con Shaw, el *bon sens* "provee criterios para abandonar teorías… [y argumenta que] el buen sentido [*bon sens*] se entiende mejor desde una perspectiva de epistemología social y como basado en la educación de los científicos en historia de la ciencia" (Shaw 2020, p.67-68). Es decir, Shaw considera que el *bon sens* es un recurso para decidir sobre el abandono de teorías y, además, que permite entender el *consenso social* en la ciencia acerca de dicho abandono.[51] En la lectura de Shaw, Duhem considera que es el conocimiento de la historia de la ciencia lo que forma el *bon sens* de cada científico, al permitirle prever la dirección en la que deben desarrollarse las teorías. Debido a que diferentes científicos tienen conocimiento de la historia de las teorías e hipótesis, de acuerdo con Shaw, ellos pueden llegar a un consenso acerca de cuáles deben ser abandonadas.

[51] La interpretación del *bon sens* como un concepto de epistemología social también ha sido defendida por otros autores como Ivanova y Paternotte (2013), pero, a diferencia de Shaw, Ivanova y Paternotte lo entienden como un medio para la elección de teorías. Además, Ivanova y Paternotte reconocen que su interpretación del *bon sens*, como concepto de epistemología social, se aleja de la posición de Duhem porque él lo atribuye a científicos individuales. Es decir, en sus ejemplos (que analizaré en el capítulo 6) Duhem dice que un científico individual puede pecar de falta de *bon sens*. También, en *La Ciencia Alemana*, Duhem comenta que "No, no es verdad que la habilidad de discernir intuitivamente lo verdadero de lo falso, esto es, el buen sentido [*bon sens*], es igualmente desarrollado en todos los hombres. ¿No decimos constantemente que un hombre particular tiene buen sentido [*bon sens*], mientras que otro no lo tiene?" (Duhem 1915/1991, p.12). Shaw resuelve esto argumentando que podemos asumir que cada científico desarrolla el *bon sens* al aprender sobre la historia de las teorías y es debido a que varios científicos conocen esa historia que todos llegan a la misma conclusión de cuándo abandonar una teoría. Así el *bon sens* hace posible el consenso social lo que, de acuerdo con Shaw, lo hace un concepto de epistemología social.

Por otro lado, el carácter social del *bon sens* se puede entender asumiendo que su uso requiere la apertura del científico individual a la discusión colectiva. El propio Duhem señala que la elección de *bon sens* no es inmediata y que requiere deliberación. De acuerdo con Ambrosio Velasco Gómez (2016, p.33-34), por ejemplo, Duhem considera que el científico que posee *bon sens* es aquel que está dispuesto a considerar los motivos y argumentos de sus otros colegas al enfrentar controversias. Ver así al *bon sens* también ayuda a entender por qué para Duhem son importantes valores como la *imparcialidad*.

Considero que Shaw está en lo correcto respecto a que el *bon sens* no es un medio para la *elección de teorías*. De hecho, Duhem explícitamente dice que "el sentido común [*bon sens*] es el que decide qué hipótesis han de ser abandonadas" (Duhem 2003, p.285). Sin embargo, Shaw tampoco parece considerar relevante distinguir entre la *elección sobre hipótesis individuales* y teorías completas (ya que, señala que el *bon sens* es un recurso para decidir sobre el abandono de teorías). Pero más importante aún es el hecho de que su interpretación del *bon sens* no es completamente coherente con las descripciones de Duhem. Shaw enfatiza, por ejemplo, que el *bon sens* es un juicio que se usa *sólo* para decidir cuándo abandonar una hipótesis. En una nota a pie de página, Shaw (2020, p.81, n 11) explícitamente rechaza que el *bon sens* tenga un rol en el reemplazo de hipótesis. No obstante, esto parece contradecir a Duhem (1915/1991, 24-25), donde afirma que se necesita de *bon sens* para formular una hipótesis que reemplace a otra que se considera inadecuada. De hecho, considero que la función que Duhem le atribuye al *bon sens* en el reemplazo de hipótesis ha causado confusión en la literatura reciente.

Sonia Maria Dion (2013), por ejemplo, atribuye a Duhem distinciones que considero que no son del todo adecuadas, pero que son motivadas por la confusión respecto del rol del *bon sens* en el reemplazo de hipótesis. Dion señala que la filosofía de la ciencia de Duhem requiere que el físico pueda reemplazar una hipótesis con otra más adecuada. La nueva hipótesis debe ser más adecuada en el sentido de que, al *incorporarla* en una teoría, ésta se asemeje más a lo que Duhem considera la teoría ideal.[52] Es decir, el físico debe tener algún tipo de guía heurística al formular nuevas hipótesis para que tenga sentido la idea de Duhem de que las teorías progresan hacia la teoría ideal. Sin embargo, esa guía no puede consistir en reglas fijas o algoritmos porque no conocemos la teoría ideal; no sabemos en qué consistirá esa teoría ideal y, por tanto, no hay elementos para establecer reglas acerca de cómo debe ser una nueva hipótesis. Parecería natural concluir que esta guía que no consiste en reglas fijas (o algoritmos) es el *bon sens*. El propio Duhem dice que "Esos motivos que no derivan de la lógica y que, no obstante, guían nuestra elección…constituyen lo que se llama propiamente el *sentido común* [*bon sens*] (Duhem 2003, p.283, itálicas en el original). Sin embargo, Dion (2013, p.16-17) rechaza que, para Duhem, la guía en la formulación de nuevas hipótesis sea el *bon sens*. Los motivos que da

[52] Duhem llama *clasificación natural* a esa teoría ideal.

me parecen poco convincentes, ya que parecen basarse sólo en evitar el conflicto con la interpretación del *bon sens* de Duhem como un concepto de *epistemología de la virtud*.

Dion, primero, señala que Duhem retoma de Blas Pascal una distinción entre lo que aquel llama '*mente intuitiva*' (*esprit de finesse*) y '*mente geométrica*' (*esprit de géométrie*). En algunos casos, Duhem parece asociar el concepto de '*mente intuitiva*' (o *espíritu de finura*) con el *bon sens*. Pero Dion distingue los conceptos de '*mente intuitiva*' y '*bon sens*' para sostener que sólo la '*mente intuitiva*' guía la formulación de nuevas hipótesis.[53] Esa distinción se basa en que: "La mente intuitiva no podría ser juzgada también en términos de epistemología de la virtud, ya que no es una virtud moral o intelectual, sino una aptitud que implica una percepción que precede al juicio…" (Dion 2013, p.17). Dado que Dion no cuestiona a la literatura que interpreta al *bon sens* de Duhem como un concepto de *epistemología de la virtud,* concluye que el concepto de '*mente intuitiva*' es distinto y cumple una función diferente; a saber, formular nuevas hipótesis. No obstante, distinguir los conceptos de Duhem de '*mente intuitiva*' y '*bon sens*' como lo hace Dion simplemente no es plausible.

El mismo comentario de Duhem que hace problemática la reconstrucción de Shaw también hace problemática la distinción de Dion. De acuerdo con Duhem:

> Cuando el testeo factual ha resultado en contra de la idea preconcebida, no es suficiente rechazarla. Uno debe sustituirla con una nueva suposición que tenga la posibilidad de enfrentar mejor el test experimental… ¡Qué tarea tan delicada, concerniente a la cual ninguna regla precisa puede guiar la mente! Es esencialmente un asunto de perspicacia e ingenio. Verdaderamente, para hacer esto bien, es necesario que el buen sentido [*bon sens*] se trasciende a sí mismo, esto es, que empuje su fuerza y finura hasta sus límites, que se convierte en lo que Pascal llama la mente intuitiva [*esprit de finesse*]. (Duhem 1915/1991, p.24-25)

Considero que aquí está suficientemente claro que el *bon sens* definitivamente sí tiene una función, de acuerdo con Duhem, en la formulación de nuevas hipótesis. Además, la 'mente intuitiva' es claramente una forma del *bon sens*. Ambas cosas las señala Martin (1991, p.84). Sin embargo, curiosamente, Dion y Shaw asumen que tanto la idea de que el *bon sens* es importante al formular nuevas hipótesis como la idea de que es una forma de 'mente

[53] Analizaré con mayor detalle este concepto de '*mente intuitiva*' o '*espíritu de finura*' de Duhem en la sección 7.3.

intuitiva' son conclusiones de Martin. Sin embargo, Martin sólo estaba citando al propio Duhem en este caso.

Finalmente, hay aspectos importantes del *bon sens* de Duhem que considero que Shaw, Dion y otros autores pasan por alto. Uno de ellos consiste en la relación entre los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* y los argumentos de otros físicos de la época sobre el mismo tema (lo que veremos en los capítulos 2, 3 y 4). Otro consiste en la relación entre el *bon sens* con lo que Duhem llama la *experiencia cotidiana* (explicaré a qué me refiero con esto a lo largo de los capítulos 6, 7 y 8). A partir del análisis de los capítulos siguientes, en la sección de *conclusiones* señalaré cómo puede entenderse la dificultad que señala Duhem (véase, en especial, la conclusión 1), así como la manera en que podemos entender al *bon sens*, sus características y funciones (en especial conclusiones 2 y 3).

En pocas palabras, además de la lista de características del *bon sens* que vimos al inicio de esta sección, podemos agregar que el Duhem le atribuye las siguientes funciones: *i) elegir la estrategia a seguir frente a experimentos de testeo que producen resultados negativos, ii) reemplazar hipótesis y iii) derivar consecuencias de ideas imprecisas (como veremos en la sección 6.7).*

SEGUNDA PARTE:

CONTEXTO HISTÓRICO DE LA FÍSICA DE DUHEM

Capítulo 2. De principios a hipótesis en la mecánica de Heinrich Hertz y sus antecedentes

> "Es verdad, mientras tanto, que cada fórmula separada no puede ser probada especialmente por la experiencia, sino *sólo el sistema como un todo*". (Hertz 1893, p.197, énfasis añadido)

Introducción

En el capítulo anterior hemos visto que los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* se han discutido ampliamente, en el siglo XX, pero casi sin tomar en cuenta la física de su época. No obstante, cuando revisamos la obra de algunos de los físicos más importantes de finales del siglo XIX podemos encontrar ideas y argumentos notablemente similares a los de Duhem. Más aún, al considerar las reflexiones de los físicos de esa época sobre su actividad, encontramos un contexto que puede dar sentido a muchas de las ideas y argumentos de Duhem. Considero que esto se debe a que algunos descubrimientos científicos que se produjeron durante el siglo XIX, además de ser importantes en sí mismos, también contribuyeron a cambiar la manera en que se entendía la misma construcción del conocimiento científico. En particular, y como veremos, los descubrimientos en electromagnetismo por parte de Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) llevaron a éste a concebir una manera novedosa de entender la elaboración y *testeo de hipótesis* y teorías físicas.

Hoy en día Hertz es conocido por su trabajo experimental con el que mostró la existencia de las *ondas electromagnéticas* que predecía la teoría de J. C. Maxwell (1831-1879). Hacia finales del siglo XIX, sin embargo, se consideró que dicho descubrimiento científico tenía importantes implicaciones filosóficas. El propio Hertz, al comentar sobre la recepción y aprobación de sus descubrimientos experimentales por parte de la comunidad científica, señalaba que "una considerable parte de esta aprobación se debió a razones de una naturaleza filosófica" (Hertz 1893, p.18). En parte, esas 'razones de naturaleza filosófica', como veremos, consistieron en el apoyo que sus teorías representaron para una nueva manera de entender tanto los fenómenos físicos como los fundamentos de las teorías científicas. Las reflexiones filosóficas de Hertz fueron muy influyentes en la época y algunas de sus conclusiones fueron notablemente similares a las

de Duhem.[54] *El objetivo de este capítulo es mostrar las dificultades metodológicas y epistémicas a las que respondió el trabajo de Hertz y que lo motivaron a elaborar concepciones similares a las de Duhem (como la concepción de las teorías físicas como sistemas axiomáticos y el holismo en el testeo de éstas)*.

Sin embargo, la novedad y pertinencia de la concepción de Hertz se puede apreciar mejor teniendo en cuenta algunos aspectos de cómo se había entendido la investigación científica previamente en el siglo XIX. Una revisión detallada de dichas concepciones previas nos alejaría del objetivo de este capítulo, pero considero relevante analizar un aspecto particular de ellas que contrasta con la concepción de Hertz (y de otros físicos de su época, como Duhem): el *énfasis en la certeza de los principios de las teorías*. Es decir, a inicios del siglo XIX, importantes autores sostenían que la investigación científica debía comenzar con principios claros y certeros, concepción que cambió radicalmente hacia finales del mismo siglo.[55]

Una manera de apreciar este cambio durante el siglo XIX es considerar cómo se transformó la discusión sobre, por ejemplo, los *principios o axiomas de la geometría* y el *concepto de fuerza* durante dicho siglo.[56] Ambos temas fueron particularmente importantes para el contexto de investigación en el que se formó Hertz. Su maestro, el físico Herman von Helmholtz (1821-1894), tomó la filosofía de Immanuel Kant (1724-1804) como punto de partida para sus reflexiones sobre la ciencia, pero eventualmente cuestionó algunas de

[54] De acuerdo con Roberto Maiocchi "Sólo un pensador llegó de forma independiente a posiciones muy cercanas a las de Duhem, el gran físico Heinrich Hertz" (Maiocchi 1985, p.337). Aunque concuerdo con Maiocchi respecto de la cercanía entre las ideas de Hertz y las de Duhem, en los siguientes capítulos mostraré que también hubo otros físicos de la época que llegaron a posiciones cercanas a las de estos dos.

[55] Ya mencioné brevemente, en la introducción, que Laudan (1981b) enfatiza el abandono de una *lógica del descubrimiento* en este periodo (la segunda mitad del siglo XIX). Aunque dicha caracterización es cuestionable, Laudan también sostiene que en esta época se abandona la demanda de *infalibilidad* en la ciencia, en favor del *falibilismo*. Como se verá en este capítulo, ésta última idea de Laudan es la que más adecuadamente representa lo que sucede, al menos, en el caso del desarrollo intelectual que condujo al trabajo de Hertz.

[56] De acuerdo con el historiador Helmut Pulte, a inicios del siglo XX hubo filósofos, como Wilhelm Wundt, que explícitamente reconocían que había cambiado la concepción que se tenía de los *principios* de las teorías y que dichos cambios tenían que ver tanto con la *geometría* como con la *mecánica*. "La explicación histórica de Wundt del declive de CMN [la filosofía matemática clásica de la naturaleza] está restringido a tres aspectos: (1) el debate fundacional en geometría, (2) la emergencia del concepto de energía que socavó la base tradicional de la mecánica y (3) la emergencia del electromagnetismo y su radical 'descendiente', la teoría de la materia del electrón...Hoy, un historiador de la ciencia bien informado agregaría, al menos, una razón más: (4) El ascenso de una nueva rama de fenomenalismo dentro de la filosofía y la ciencia, que es—con respecto a la destrucción de los 'axiomas' mecánicos—más clara en el trabajo de E. Mach" (Pulte 2009, p.78). En las primeras secciones de este capítulo veremos los primeros dos motivos.

las concepciones de este filósofo respecto de, precisamente, la *geometría* y el *concepto de fuerza*. Debido a la importancia que estos temas tenían para Hertz vale la pena analizarlos.

Consecuentemente, en este capítulo veremos que Kant sostenía que hay *principios* sin los cuales no es posible la experiencia, en particular, la *investigación científica*. Después, veremos cómo algunos descubrimientos de la física del siglo XIX llevaron a Helmholtz a rechazar la concepción de Kant en lo que se refiere a la *geometría* y la necesidad de una manera particular de entender el *concepto de fuerza*. Ese rechazo implicó un cambio en la manera de entender los *principios* de las teorías, los cuales pasaron de ser vistos como *presuposiciones necesarias* a ser *hipótesis tentativas*. Sin embargo, este proceso también generó la necesidad de entender los testeos de una nueva manera.

Este capítulo también muestra cómo la comprobación experimental de las ondas electromagnéticas, por parte de Hertz, entra en ese contexto. Hacia el final, analizaré las conclusiones filosóficas que Hertz sacó de las concepciones de su época y sus propios descubrimientos; lo que él elaboró en su libro *Los Principios de la Mecánica*. Las reflexiones de Hertz en dicho libro hacen evidente que, en la física de finales del siglo XX, había una serie de dificultades, particularmente en el estudio de la mecánica. El proyecto de Hertz para enfrentar esas dificultades incluyó argumentos similares a los que encontraremos en Duhem (en los capítulos de la tercera parte de la presente tesis), como la necesidad de concebir las teorías como *sistemas axiomáticos* y el *testeó holista* de las hipótesis. Pero lo que considero más importante es que, en el desarrollo intelectual que llevó a las conclusiones de Hertz, vemos un cambio que también marcó la reflexión de otros autores de la época y que consistió en pasar *el énfasis en el testeo de los fundamentos hacia las consecuencias de las teorías*.

2.1 Kant y los principios a priori de la ciencia

Hacia finales del siglo XVIII, Kant había sostenido que sólo es posible explicar la 'experiencia' que tenemos del mundo si contamos con ciertos principios y conceptos que aceptamos *a priori* (es decir, independientemente de experiencias particulares).[57] Algunos de los principios *a priori* que identifica Kant, como veremos, tenían implicaciones para la manera en que se entendían tanto los *principios de la geometría* como el *concepto de fuerza*. Esto muestra una concepción común de la época previa al trabajo de Hertz en la

[57] Es claro que hay diferentes interpretaciones de la obra Kantiana, aquí y en el resto de esta sección, hago uso de la lectura que hace David Hyder (2013) de Kant y de su influencia en Helmholtz y Hertz.

que se considera que los principios en los que se basan las teorías debían ser *fundamentos fijos y certeros*. En la concepción particular de Kant, dichos principios debían aceptarse para que fuera posible la experiencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la noción de 'experiencia' a la que se refiere Kant bien puede entenderse como *experiencia cotidian*a (de sentido común) o como *experiencia científica*. De acuerdo con la investigación de David Hyder (2013), autores como Helmholtz analizaron las ideas de Kant entendiéndolas como precondiciones necesarias para la investigación *experimental*. Siguiendo a Hyder (2013) podemos entender cómo influyó Kant en la concepción de científicos, como Helmholtz, respecto de los *principios* de las teorías.

Entre otras cosas, la *investigación experimental* requiere que sea posible la observación cuidadosa, replicable y controlada de fenómenos, así como relacionar sus diversos aspectos en leyes matemáticas. El estudio de esas condiciones se encontraba en la *metrología*, puesto que sólo con la *medición científica* podemos esperar que las observaciones producidas en experimentos sean objetivas y replicables. "Para Kant y sus contemporáneos, hay dos ciencias metrológicas fundamentales a priori, a saber, la *geometría* y la *cronometría*…" (Hyder 2013, p.253-254). En la lectura de Hyder, la exposición que da Kant en la *Crítica de la Razón Pura* acerca del espacio (A23-25/B38-41) y del tiempo (A30-32/B46-49) corresponde a los fundamentos de estas ciencias *metrológicas*.

A grandes rasgos, Kant sostiene que tenemos una concepción del espacio y del tiempo que no es propiamente producto de la experiencia, sino que es intrínseca a nuestra percepción. Para Kant (B3), aceptamos *a priori* aquellas ideas y concepciones que reconocemos como *necesarias*, ya que todo lo que proviene de la percepción (que conocemos *a posteriori*) lo consideramos *contingente*. En el caso de nuestra concepción del espacio, él señala (A22-25/B37-40) que podemos concebir la ausencia de objetos, pero no la ausencia de espacio; es decir, concebimos al espacio como algo que necesariamente forma parte de toda percepción. Además, para Kant, al considerar qué características espaciales podemos concebir, obtenemos conocimiento *sintético a priori* sobre el mismo; es decir, podemos conocer algunos aspectos del espacio (y del tiempo) de manera *a priori*, puesto que dichos aspectos dependen sólo de la forma de nuestra percepción. Kant considera que sabemos *a priori* que, por ejemplo, dos rectas paralelas no se cruzan. En general, conocemos los *axiomas en los que se basa la geometría euclidiana*, de acuerdo con Kant, de manera *a priori*. Dado que la geometría era entendida como una ciencia de la

medición del espacio,[58] Kant consideraba que tales mediciones son posibles gracias a nuestro conocimiento *a priori* del espacio.

Kant da argumentos similares en el caso del tiempo (B46-48), respecto de que lo conocemos de manera *a priori*. Sin embargo, Hyder (2013) enfatiza que, para Kant, nuestro conocimiento *a priori* del tiempo es más limitado que el del espacio. Podemos concebir figuras geométricas de manera *a priori*, pero no objetos de tiempo, ya que sus partes nunca son simultáneas. La medición del espacio requiere hacer corresponder un objeto de nuestra experiencia (como una regla) con un objeto geométrico (una línea recta). Pero, en el caso del tiempo, no hay un 'objeto de tiempo' que podamos hacer corresponder con algo más.

La medición del tiempo la llevamos a cabo mediante fenómenos de movimientos cíclicos (de objetos celestes, relojes, etcétera), es decir, que se repiten de forma regular, los cuales no son inerciales. Kant sostiene que su exposición del concepto de tiempo fundamenta sólo la cognición de la '*doctrina general del movimiento*', lo que hoy llamaríamos *cinemática*. "Nuestro concepto de tiempo explica, pues, la posibilidad de tantos conocimientos sintéticos a priori como ofrece la *teoría general del movimien*to, que es bien fecunda" (B49, Kant 2010, p.71, énfasis añadido).[59] De acuerdo con Hyder (2013, p.255-256), en la época de Kant, el *principio de inercia* (de acuerdo con el *cual todo cuerpo permanece en reposo, o movimiento en línea recta, a menos que se le haga cambiar de estado por fuerzas impresas en él*) era visto por muchos como el principio fundamental de la ciencia natural. La manera en que Kant entendía el *principio de inercia* estaba influenciada por la obra del físico y matemático suizo Leonhard Euler (1707-1783); quien sostenía que el *principio de inercia* proporcionaba un fundamento para la estructura *métrica* del espacio y del tiempo. Kant fundamenta este principio como parte de nuestra concepción *a priori* del tiempo, es decir, en la sensibilidad humana.

Sin embargo, el movimiento inercial no es cíclico, sino rectilíneo y uniforme. En otras palabras, por sí mismo, no hay un movimiento inercial que pueda sustentar la medición del tiempo. "Debido a que éstos involucran cambio de dirección, [ellos] cuentan como alteraciones subsumibles bajo el concepto de causalidad" (Hyder 2013, p.257). Es decir, concebir los movimientos cíclicos que se necesitan para cuantificar el tiempo

[58] Como señala Hyder, (2013, p.254), aun en el siglo XVIII el estudio de la geometría seguía fuertemente ligado a las *prácticas de medición de terrenos*.

[59] De acuerdo con Friedman (2010, p.9 y p.14), la doctrina general del movimiento a la que Kant se refiere aquí es la teoría matemática del movimiento que Newton desarrolla en los *Principia*.

requiere que podamos concebir los cambios de dirección en el movimiento, lo que implica desviaciones del movimiento inercial; en física un movimiento que se desvía del inercial debe ser ocasionado por una fuerza, *debe tener una causa*. Esto, a su vez, requiere una concepción de *causalidad*, es decir, de los conceptos *a priori* que Kant llama *categorías*.

Los principios necesarios *a priori*, pero que son distintos a los del espacio y el tiempo, consistente en conceptos (a los que Kant llamó *categorías*) como los de *causalidad* y *substancia*. No obstante, justificar estos conceptos requiere un argumento más elaborado que el que Kant propone para los del espacio y el tiempo. En particular, justificar el concepto de *causalidad* era especialmente importante para Kant, ya que él aceptaba la conclusión de David Hume (1711-1776) de que nada en la experiencia lo justifica, aunque pensaba que sí era posible mostrar su necesidad *a priori*. Pero, además, Hyder (2013) señala que Kant necesita la categoría de causalidad para justificar la medición *objetiva* del tiempo. Más aún, en la física del siglo XIX, la noción de causalidad es relevante porque el *concepto de fuerza* se entendía como una *causa* del movimiento (como veremos en la sección 2.3).

De acuerdo con Hyder, "Kant tenía dos aproximaciones diferentes al problema de demostrar la validez de los principios fundamentales de la ciencia, ya que la *Crítica de la Razón Pura* contiene *dos* deducciones trascendentales, una para los conceptos puros del entendimiento (las categorías), y una para aquellos del espacio y del tiempo" (Hyder 2013, p.252). Es decir, hay dos maneras en que Kant justifica la necesidad de aceptar principios *a priori* para la investigación científica. Los principios que constituyen nuestra concepción del espacio y del tiempo se justifican, como ya vimos, porque son parte necesaria de nuestra percepción. En segundo lugar, hay principios que Kant también considera necesarios *a priori* (las categorías), pero que, a diferencia de los del espacio y el tiempo, no son constitutivos de nuestra percepción. La manera en que Kant justifica el uso de las categorías es posiblemente uno de los aspectos más complejos de su obra, pero Hyder lo interpreta como un 'derecho de necesidad'.

> La forma del argumento de Kant refleja fielmente su propia categorización, a saber, que es una adquisición original del *derecho* de emplear las categorías, lo que difiere la cuestión de su validez en favor de una base deóntica. La adquisición es justificada como una condición del *cogito* cartesiano, en la misma manera que un derecho individual es creado *ex nihilo* a través del acto mismo de agarrar, mientras que se justifica como una condición de su supervivencia, un así llamado 'derecho de necesidad'. (Hyder 2013, p.258-259, itálicas en el original)

El derecho que tenemos a aceptar las categorías como necesarias *a priori* se justifica, de acuerdo con Kant, debido a que sin ellas no sería posible la autoconciencia o *apercepción*. Hay distintas maneras de entender cómo se adquiere ese derecho, "En cualquier caso, las categorías se justifican relativamente a un fin, la conciencia o, en la versión posterior de Helmholtz, la 'completa comprensibilidad de la naturaleza', pero ese fin no es asunto de elección deliberada" (Hyder 2013, p.259).

Como sea que entendamos la justificación de las categorías de Kant (y lo que él llama *deducción transcendental*), lo importante aquí es que él considera que hay un conjunto de principios y concepciones que debemos aceptar *a priori* para que sea posible la investigación científica. Esto es así, porque sólo con concepciones *a priori* del espacio, del tiempo, de causalidad, etcétera, es que podemos sustentar, entre otras cosas, la *medición científica objetiva*. "Sugiero que, para Kant y para sus contemporáneos, esto es parte de un proyecto más grande, que denominaré la *cuantificación de la naturaleza*" (Hyder 2013, p.256, itálicas en el original). De acuerdo con Hyder (2013, p.262), tanto Kant como sus contemporáneos pensaban que esta 'cuantificación de la naturaleza' podía lograrse mediante una mecánica concebida a partir de masas puntuales capaces de ejercer *fuerzas de atracción y repulsión*.

2.2 Helmholtz y los fundamentos de la geometría

El desarrollo de la ciencia durante el siglo XIX llevó a Helmholtz a rechazar algunas concepciones kantianas, en especial sobre los principios *a priori* de la ciencia. En su lugar, Helmholtz llegó a promover una forma particular de *empirismo*. Lo importante en ese cambio fue que él, al igual que otros físicos, comenzaron a dejar de ver a los *principios de las teorías* como presuposiciones *necesarias*. La manera en que evolucionaron algunas de las reflexiones de Helmholtz a este respecto, a lo largo de los años, reflejan cómo cambió la concepción de las hipótesis y teorías antes de Hertz. Debido a ello, los historiadores, como Michael Heidelberger (1998), suelen distinguir diferentes etapas en el desarrollo del pensamiento de Helmholtz. En una primera etapa, Helmholtz comenzó aceptando las concepciones de Kant y, paulatinamente, las abandonó en una etapa posterior. Este abandono se aprecia claramente en dos ámbitos: su concepción sobre los *axiomas de la geometría* y su concepción sobre el *concepto de fuerza*.

Respecto de la geometría, hay que considerar que uno de los cambios más significativos en el desarrollo de la ciencia del siglo XIX fue el descubrimiento de las

geometrías no euclidianas. Éstas consistían en sistemas de geometría alternativos al que había sido desarrollado en la antigüedad clásica por Euclides y que había sido un punto de partida para una gran cantidad de estudios en matemáticas, física y filosofía durante milenios (como vimos en el caso de Kant). La geometría de Euclides parte de una serie de definiciones de nociones básicas y *cinco postulados*. Con base en dichas definiciones y postulados, uno puede derivar una serie de consecuencias lógicas, o teoremas, que permiten resolver una amplia gama de problemas geométricos sin necesidad de elementos adicionales. Sin embargo, el sistema de Euclides requiere aceptar que se cumplen los *cinco postulados* que, en su mayoría, parecen ser intuitivamente ciertos, excepto por el quinto que parece ser una conclusión más elaborada. Este quinto postulado puede formularse de distintas maneras y en su forma más simple dice que 'las rectas paralelas no se cruzan'.

Durante mucho tiempo diversos investigadores pensaron que debía ser posible probar el mencionado quinto postulado de Euclides a partir de los otros cuatro; pero para el siglo XIX, Johann Carl Friedrich Gauss (1777-1855) había notado que era posible concebir una geometría en superficies curvas en las que no se cumple el quinto postulado. Gauss no publicó sus conclusiones a este respecto, pero poco después (alrededor de 1820) Nikolai I. Lobachevsky (1793-1856) y Janos Bolyai (1802-1860) mostraron a la comunidad científica que era posible construir sistemas de geometría, alternativos a los de Euclides, en los que no se cumple el quinto postulado. A estos sistemas se les conoció desde entonces como *geometrías no euclidianas*. Posteriormente G. F. B. Riemann (1826-1866) generalizó la teoría de superficies de Gauss y utilizó el concepto de curvatura para concluir que tanto la geometría de Euclides como la de Lobachevski y Bolyai eran casos de curvatura particulares. Es decir, Riemann se dio cuenta, como Gauss, de que las propiedades geométricas de un espacio pueden depender de cómo es su curvatura. La curvatura de una esfera es diferente de la que tiene un plano o un paraboloide hiperbólico. Así Riemann identificó tres maneras en que un espacio se podía curvar y su relación con un tipo específico de geometría; él llamó curvatura negativa a un espacio que presentaría una geometría como la de Lobachevski, mientras que uno con curvatura cero (un espacio plano) presentaría una geometría similar a la de Euclides. Adicionalmente, una curvatura positiva sería el espacio que requeriría una geometría esférica.

El descubrimiento de las *geometrías no euclidianas* llegó a ser visto como problemático para las teorías kantianas, ya que, Kant había sostenido que las proposiciones

de la geometría euclidiana son sintéticas *a priori*.[60] En particular, Helmholtz sostuvo que el descubrimiento de las geometrías no euclidianas mostraba que los axiomas de la geometría euclidiana, contrario a lo que había sostenido Kant, se basan en mediciones, es decir, son empíricos (*a posteriori*).

Para Helmholtz, establecer la geometría que caracteriza al espacio físico requiere que llevemos a cabo *mediciones de distancias* con *cuerpos rígidos* (cuerpos ideales en los que las posiciones relativas de las partículas que los componen son fijas en todo momento).[61] Pero las mediciones de distancias sólo se pueden llevar a cabo si los *cuerpos rígidos* se pueden transportar en el espacio, es decir, sólo se puede medir distancias si utilizamos reglas que podemos transportar sin que se deformen y si podemos determinar *congruencia* (determinar si coinciden los extremos de longitud del objeto a medir y de la regla que usamos). Dado que la transportación de *cuerpos rígidos* es un proceso *material*, las suposiciones subyacentes a la geometría son *empíricas* y *cinemáticas*. "Helmholtz argumenta que la geometría, debido a que involucra determinaciones de congruencia, es una ciencia de las propiedades que el espacio debe tener, no sólo para contener cuerpos, sino para contener cuerpos en movimiento. En otras palabras, la geometría es una teoría del movimiento rígido y, dado que concierne a la materia y al tiempo, concierne a los hechos dentro de lo que Kant llama *percepción*" (Hyder 2013, p.264, itálicas en el original).[62]

La manera en que Helmholtz consideraba que se debe investigar la geometría del espacio comienza con reconocer la posibilidad del movimiento de *cuerpos rígidos*. En vez de partir de la intuición del espacio y del tiempo, como Kant, Helmholtz basa la geometría

---

[60] Como veremos en la sección 4.1, Poincaré, por ejemplo, entendía a las proposiciones sintéticas *a priori* de Kant como aquellas de las cuales no podemos concebir coherentemente su negación; de manera que el mismo hecho de que podamos concebir geometrías no euclidianas mostraba, de acuerdo con Poincaré, que los axiomas de la geometría euclidiana no pueden ser sintéticos *a priori*.

[61] Medir distancias con cuerpos que no son rígidos, es decir, *deformables*, no da resultados confiables, ya que esto significaría que la regla o instrumento que usemos puede cambiar de tamaño a media medición. Usar una regla de metal que se dilata notablemente con el calor, por ejemplo, nos hará pensar que los objetos que medimos son más grandes en un día frío de lo que son en un día cálido; de ahí la necesidad de usar cuerpos rígidos. En la naturaleza, sin embargo, *no hay cuerpos perfectamente rígidos*, esta noción funciona más como un ideal regulativo al cual deben aproximarse los instrumentos para medir distancias lo mejor posible. Los debates en el siglo XIX y XX sobre cómo determinar la geometría del espacio a menudo versaban sobre cómo enfrentar el hecho de que no disponemos de cuerpos completamente rígidos.

[62] Nótese que el hecho de que no haya cuerpos perfectamente rígidos hace que el argumento de Helmholtz difícilmente sea concluyente (respecto de que la geometría es empírica), porque depende de cómo uno define o identifica un *cuerpo rígido*. Aun así, su argumento funciona como crítica a la postura de Kant: "Mientras que un 'kantiano estricto' podría preservar la validez a priori de la geometría euclidiana definiendo rigidez en términos euclidianos, esto la haría analítica y no sintética, como Kant había afirmado" (Hyder 2013, p.262).

en términos de la *cinemática de cuerpos rígidos*. Esto se debe a que Helmholtz sostiene que nuestra experiencia con el movimiento de *cuerpos rígidos* es lo que nos muestra que la geometría del espacio debe ser euclidiana.[63] "La geometría era ahora un refinamiento lógico de *generalizaciones inductivas*, construido con el propósito de hacer física" (Hyder 2013, p,266, énfasis añadido).[64]

Con todo, Helmholtz se daba cuenta de que no tenemos experiencia con cuerpos completamente rígidos, de manera que uno aún puede cuestionar hasta qué punto la forma en que concebimos el movimiento rígido es correcta. Esta cuestión lo acercó a una forma de lo que después se conoció como *convencionalismo*, ya que reconocía que uno puede atribuir al espacio una geometría particular por *convención*. "Uno podría, es cierto, tomar también el concepto de estructuras espaciales geométricas fijas [o cuerpo rígido] como un concepto transcendental, que es formado independientemente de la experiencia actual y a la que éstas no necesariamente corresponden" (Helmholtz, 1870/1977, p.24-25). Sin embargo, aunque Helmholtz reconoce la posibilidad de aceptar por convención que el espacio se caracteriza por una geometría particular, él nota que esa posibilidad depende de cómo entendemos las leyes físicas del movimiento de cuerpos materiales. "Él señaló que uno podría, si quisiera, establecer una geometría arbitraria, pero que esto requeriría

---

[63] Helmholtz (1870/1977, p.7-8) señala que las figuras geométricas pueden cambiar de forma al ser transportadas en un espacio cuya geometría no es euclidiana. Para mostrar esto, él propone considerar una superficie con la forma de un huevo. Si se toman tres puntos cualesquiera en esa superficie y se unen con las líneas más cortas que es posible dibujar en tal superficie, se obtiene un triángulo. Sin embargo, los ángulos que forman los vértices del triángulo dependerán del lugar en que se dibuje; cerca de la mitad (el ecuador), la suma de los ángulos se aproximaría a 180° (lo que sucede en una superficie plana), pero cerca de la punta más picuda, la suma de los ángulos se alejaría más de ese valor, incluso si el triángulo tiene el mismo tamaño que el dibujado en el ecuador. Dos triángulos cuyos lados tienen la misma longitud tienen, en geometría euclidiana, ángulos correspondientes iguales, ya que se trata de 'triángulos congruentes', pero eso no ocurre en una superficie con la forma de un huevo, ésta es caracterizada por una geometría no euclidiana. Más aún, si pudiéramos mover el triángulo del ecuador a la punta veríamos que se deforma, a pesar de que sus lados mantienen su longitud (es decir, se mueve como *cuerpo rígido*, sin cambios de tamaño). Helmholtz utiliza este hecho para concluir que la geometría del espacio en el que vivimos debe ser euclidiana porque la experiencia nos muestra que el movimiento de *cuerpos rígidos* no causa deformaciones.
El mismo Helmholtz reconoce que este argumento sobre el movimiento de *cuerpos rígidos* sólo descarta geometrías no euclidianas cuya curvatura no sea constante. En una esfera, por ejemplo, podríamos imaginar triángulos sobre la superficie que no se deformarían al ser trasladados. En la superficie con forma de huevo la deformación ocurre porque la curvatura no es constante, el radio de curvatura cambia a lo largo de la superficie. Una curvatura cambiante implicaría atribuirle poder *causal* al espacio, ya que sería el espacio mismo lo que deformaría a los objetos que se mueven en él; esto no parecía razonable, al menos, hasta que Einstein formulara la *relatividad general* (en la que se atribuye al espacio-tiempo los efectos gravitacionales).
Con todo, al menos en el artículo de 1870, Helmholtz parece concluir que la existencia de triángulos congruentes muestra que el espacio debía ser euclidiano.

[64] En la sección 2.4 veremos algunos puntos importantes sobre cómo Helmholtz entendía las *inferencias inductivas* que nos permiten concebir la geometría del espacio.

cambiar, al menos, la ley de la inercia. Así que tienes una elección: basar tu geometría proyectada temporalmente, esto es, tu cinemática, en lo que has observado; o estipular una, pero entonces puede que tengas que eludir la ley" (Hyder 2013, p.266). Es decir, Helmholtz reconoció que se podría estipular una geometría, pero eso requería cambiar el *principio de inercia* para evitar cualquier conflicto con resultados empíricos.[65]

Con todo, como hemos visto, el *principio de inercia* era considerado fundamental para la ciencia. Además, Helmholtz consideraba que el *principio de inercia* tenía apoyo empírico *inductivo*. Es decir, *la experiencia, a partir de la inducción, es lo que nos lleva a un sistema que incluye ciertas leyes físicas y cierta geometría (la euclidiana)*. Si sólo investigáramos la geometría, independientemente de las leyes físicas, no habría manera de preferir un sistema euclidiano sobre uno no euclidiano; pero considerando *juntas* las leyes de la física y la geometría, Helmholtz consideraba que sí podemos llegar a una conclusión empírica.

En este desarrollo de las ideas de Helmholtz podemos apreciar dos cosas. En primer lugar, a diferencia de Kant, *Helmholtz considera que algunos principios que damos por necesarios se basan, más bien, en la experiencia empírica*. Helmholtz rechazó la concepción de Kan según la cual la geometría euclidiana estaba dada a priori como parte de nuestras estructuras mentales. En segundo lugar, él reconoce que *la geometría que atribuimos al espacio depende de cómo concebimos a la física*; es decir, Helmholtz concibe a la geometría y a los fundamentos de la física *en conjunto*, de manera *holista*.[66] No obstante, su concepción depende de la noción de 'cuerpo rígido' y sus argumentos difícilmente pueden ser concluyentes debido a que no hay cuerpos completamente rígidos en la naturaleza. De hecho, en la física relativista posterior no existe el concepto de cuerpo rígido. En el capítulo 4 veremos cómo Poincaré argumenta contra la posibilidad de determinar la geometría del espacio a partir de experimentos. Sin embargo, aún habría que

[65] Esta postura según la cual, podemos estipular una geometría ajustando las leyes de la física o cambiar las leyes de la física ajustando la geometría (sin contradecir datos empíricos) es notablemente similar al argumento de Poincaré que veremos en el capítulo 4 y al *holismo* de Duhem que veremos en el capítulo 6.

[66] Hay que notar que, así como los axiomas de la geometría comenzaron a dejar de ser vistos como verdades evidentes, lo mismo estaba sucediendo con los principios de la mecánica de la época. Previamente, los principios de la mecánica también se habían considerado verdades evidentes. Como señala Helmut Pulte: "el entendimiento moderno de la mecánica como una ciencia física genuina no debe cegarnos al hecho de que en los siglos XVIII y el siglo XIX temprano se le atribuía la evidencia y certeza de las matemáticas, siendo vista *de facto* como epistemológicamente equivalente a la geometría euclidiana por casi todos los científicos y la mayoría de los filósofos de la ciencia" (Pulte 2009, p.95).

aclarar cómo él concibe los fundamentos de las teorías físicas, así como la manera en que él entiende que podemos apoyarlos (junto con la geometría) en la experiencia.

2.3 Helmholtz y el concepto de fuerza[67]

Respecto de las leyes de la física, Helmholtz (como en el caso de la geometría) también comenzó con una concepción kantiana que eventualmente reemplazó por un empirismo basado en el uso de la *inducción*. Helmholtz consideraba, inicialmente, que una suposición *a priori* y *necesaria* para la investigación científica era que todos los fenómenos tienen *causas* que consisten en la interacción de *fuerzas* de atracción y repulsión; las cuales actúan a distancia en todas las sustancias materiales. "Helmholtz respondía a la primera pregunta sobre la ontología en el sentido de un realismo especial que podría llamarse apropiadamente: 'metafísico' o 'realismo de causas ocultas'" (Heidelberger 1998 p.10). Él consideraba que el *concepto de fuerza* funciona como presuposición metafísica *necesaria* para explicar la posibilidad del conocimiento científico. En uno de sus textos tempranos él sostiene, por ejemplo, que "el problema de la ciencia física natural es referir todos los fenómenos a fuerzas fijas de atracción y repulsión, cuya intensidad depende solo de la distancia" (Helmholtz 1847/1853, p.117). Él esperaba, inicialmente, que fuera posible probar que este realismo (sobre substancias materiales y fuerzas a distancia como causa de los fenómenos) era una precondición necesaria *a priori* para la ciencia.

Hacia inicios del siglo XIX, la mecánica clásica se basaba precisamente en analizar fenómenos en términos de masas puntuales, fluidos, cuerpos rígidos y las fuerzas entre ellos. Más aún, se consideraba que esa mecánica era la que había propuesto Newton y que había sido responsable del notable éxito de la ciencia. Es por ello por lo que, para el joven Helmholtz (y para Kant), era difícil imaginar a la física sin una mecánica de este tipo; incluso a pesar de que el *concepto de fuerza* se había considerado problemática. El historiador Jesper Lützen señala que:

> Muchos físicos y matemáticos, como Euler, definirían fuerza como causa del cambio de movimiento, lo que llevaría inevitablemente a problemas metafísicos. Otros, como d'Alembert y Baré de Saint-Venant, rechazaron la idea de causas móviles como metafísica y oscura y, en su lugar, definieron fuerza por la segunda ley de Newton, como masa por

[67] Max Jammer (1962) presenta un análisis histórico del *concepto de fuerza* en las ciencias físicas desde la antigüedad hasta el siglo XX. Entre otras cosas, el libro muestra constantes debates a lo largo de la historia respecto de distintas maneras de entender *conceptos de fuerza*. En el libro de Jammer es particularmente claro que el *concepto de fuerza* fue ampliamente discutido desde la época de Newton y, en particular, en la época de Helmholtz.

> aceleración. Ellos entonces tenían que explicar cómo una definición podía usarse como una ley de la naturaleza que determine el movimiento de cuerpos (Lützen 2005, p.24).

En los siguientes capítulos veremos que los debates con el *concepto de fuerza* eran un síntoma de la profunda crisis que llegaría a afectar a la mecánica clásica de finales del siglo XIX. Sin embargo, en la época de Kant y la juventud de Helmholtz, la mecánica se consideraba notablemente exitosa, a pesar de los debates sobre el *concepto de fuerza*; tan es así que, a inicios del siglo XIX, la mecánica basada en fuerzas de acción a distancia formaba parte del proyecto de física que había formulado Pierre Simon Laplace (1749-1827).

Sin embargo, esa situación comenzó a cambiar durante la vida de Helmholtz. "La física laplaciana gradualmente perdió su rol protagónico alrededor de 1830, primero en la teoría de la luz, con la teoría ondulatoria de Fresnel[68], luego en electromagnetismo y poco después en la teoría del calor" (Lützen 2005, p.41).[69] Un motivo para esto fue que las teorías más exitosas del siglo XIX dependían mucho menos de la *noción de fuerzas a distancia* entre masas puntuales que las teorías del siglo anterior. En el caso de las teorías electromagnéticas, por ejemplo, la *noción de fuerzas de acción a distancia* comenzó a ser abandonada, paulatinamente, en favor de la *noción de campo*. Es decir, ya no se trataba de fenómenos producidos por fuerzas que actúan a través del vacío, sino que éstos se consideraban, ahora, producidos por la acción de un *medio* que llena el espacio y que inicialmente se caracterizó como permeado por una sustancia o *éter*. Como señalan los historiadores "Esta transición a la teoría de campo es uno de los mayores puntos de inflexión en la historia de la física" (Heidelberger 1998, p.9).

El propio Helmholtz comenzó a cambiar sus puntos de vista cuando se familiarizó con el trabajo de Michael Faraday (1791-1867) sobre electromagnetismo. "En la segunda fase de su pensamiento, que debe haber empezado poco antes de 1869, Helmholtz trató de modificar su actitud metafísica temprana y comenzó a defender una aproximación empirista y fenomenalista" (Heidelberger 1998, p.11). Lo que inspiró este cambio en Helmholtz, de acuerdo con Heidelberger, fue que Faraday había sido capaz de investigar fenómenos electromagnéticos de manera *independiente* de supuestos metafísicos sobre

[68] La teoría ondulatoria de la luz había sido propuesta originalmente por Christiann Huygens (1629-1695).

[69] Mark Wilson también señala una conclusión similar en su trabajo reciente: "Aunque generaciones previas habían supuesto que los objetos primarios fundamentales en el universo podían consistir en meras masas puntuales, este punto de vista había sido firmemente rechazado para la época en que nuestros filósofos/científicos [Helmholtz, Hertz, Duhem, etc.] operaron" (Wilson 2021, p.21).

fuerzas de acción a distancia. "Finalmente, debió ser claro para Helmholtz que no hay metafísica que pueda justificar una concepción preconcebida sobre la naturaleza última de substancias y sus cualidades" (Heidelberger 1998, p.12). Esto no significa que Helmholtz abandonara por completo su concepción (de que los fenómenos debían entenderse como consecuencia de la acción de substancias materiales ejercida a través de fuerzas instantáneas de acción a distancia), sino que, más bien, esta idea que él había considerado una *presuposición necesaria* se convirtió en una *hipótesis*.

En otras palabras, las presuposiciones que se tenían en física, posiblemente desde el éxito de la mecánica de Newton, fueron cambiando durante la época de Helmholtz, tanto en geometría como en mecánica. Esto implicaba, también, la necesidad de cambiar la concepción que se tenía en la época de las teorías y su relación con la experiencia. En particular, *la idea de utilizar conceptos y principios a priori como precondiciones para la investigación científica comenzaba a ser abandonada*. Esta no era una conclusión solamente de Helmholtz. De acuerdo con el historiador Gregor Schiemann "Helmholtz siguió una tendencia general en las ciencias naturales durante la segunda mitad del siglo XIX hacia una creciente interpretación de los enunciados científicos como hipotéticos" (Schiemann 1998, p.28).[70] El mismo Schiemann (ibid.) señala que ese cambio estaba relacionado a una crisis en la concepción mecanicista que se tenía sobre las *primeras causas* de los fenómenos naturales.

2.4 El juicio inductivo de acuerdo con Helmholtz

Para Helmholtz, los *axiomas de la geometría* y el *concepto de fuerza* debían obtenerse como resultado de la experiencia, no podían ser simplemente considerados nociones *a priori*. Sin embargo, hay que aclarar cómo él concibe ese 'apoyo de la experiencia'. Es importante tener en cuenta que Helmholtz *no* sostenía un empirismo ingenuo basado sólo

[70] Otros historiadores también reconocen los cambios en la manera de concebir los *principios* de las teorías durante el siglo XIX que, a grandes rasgos, consistieron en dejar de verlos como verdades evidentes y comenzar a verlos como hipótesis. Helmut Pulte, por ejemplo, lo resume señalando que: "Las leyes básicas de la mecánica…eran a inicios del siglo XIX designadas 'axiomas' (por ejemplo por J. L. Lagrange o J. Herschel), 'verdades necesarias' o 'principios indudables' (por ejemplo por P. S. de Laplace o W. Whewell) o—por una transformación trascendental de estas propiedades—como 'principios sintéticos a priori' (por I. Kant, W. R. Hamilton y otros)...En la segunda mitad del siglo XIX, sin embargo, encontramos nociones muy diferentes de las mismas leyes…a ellas se les llama 'convenciones' (por Poincaré, por ejemplo, aunque no por primera vez), meras 'hipótesis' (por B. Riemann, C Neumann, L. Boltzmann y otros) o 'descripciones' provisionales (véase G. R. Kirchhoff o E. Mach, por ejemplo). Este cambio de 'etiquetas de segundo orden' es fácilmente visible, pero indica un cambio profundo en el entendimiento de mecánica racional como una ciencia tanto matemática como empírica que es menos visible y las razones del cual no son completamente entendidos hasta ahora" (Pulte 2009, p.79).

en una concepción simplista de las sensaciones. Él llevó a cabo investigaciones cuidadosas acerca de las sensaciones, así como de sus limitaciones. Por ejemplo, en su artículo *El Progreso Reciente de la Teoría de la Visión*, comenta: "Ya hemos visto suficiente para responder a la pregunta de si es posible mantener la convicción natural innata de que la cualidad de nuestras sensaciones…nos da una impresión verdadera de cualidades correspondientes en el mundo externo. Es claro que no" (Helmholtz 1868/1995, p.165). Él había comenzado a defender una posición empirista del conocimiento, pero reconocía que no se puede sostener que las sensaciones den un reflejo fiel de cómo es el mundo independientemente de los agentes que lo estudian y sus características.

De acuerdo con Helmholtz, las sensaciones funcionan, más bien, como *signos* de aquello que las causa. Reconocemos relaciones entre sensaciones cuando, por ejemplo, vemos que sensaciones similares se producen bajo circunstancias similares; lo cual nos impulsa a considerar que éstas pueden compartir una misma causa. "Cuando dos relaciones se corresponden la una a la otra de esta manera, una es signo de la otra". (Helmholtz 1868/1995, p.166). Las concepciones mentales pueden entenderse como *imágenes* de lo que ocurre en el mundo, pero éstas "representan la secuencia en el tiempo de lo segundo [del mundo externo], en la medida en que representan similitudes de objetos por similitud de signos" (Helmholtz 1868/1995, p.167). Es decir, las sensaciones son *signos* de los fenómenos físicos y la investigación consiste en encontrar imágenes que representen relaciones entre lo que dichos signos designan.[71]

En esta concepción de Helmholtz, no es posible que conozcamos cómo es el mundo físico independientemente de nosotros, ya que, las mismas cualidades y propiedades de los fenómenos (que conocemos a través de las sensaciones) dependen, en parte, de nuestra interacción con los fenómenos:

> …cada cualidad o propiedad de una cosa es, en realidad, nada más que su capacidad para ejercer efectos sobre otras cosas…Pero si lo que llamamos una propiedad siempre implica una acción de una cosa sobre otra, entonces una propiedad o cualidad nunca puede depender de la naturaleza de un solo agente, sino que existe sólo en relación con, y dependientemente

[71] Una notable cantidad de físicos de la época se referían a los conceptos como *signos* de aquello que designan. En particular, veremos en la sección 5.2 que es así como Duhem se refiere a los conceptos de la física, como *signos*. Posiblemente sea exagerado decir que Duhem seguía a Helmholtz en ese uso, ya que era bastante común en la época. Con todo, es importante tener en cuenta que Helmholtz es uno de los pocos físicos alemanes a los que Duhem se refiere con clara admiración.

> de, la naturaleza de algún otro objeto sobre el que actúa." (Helmholtz 1868/1995, p.167-168)

La importancia que da Helmholtz a la interacción con los fenómenos lo llevó a enfatizar la investigación *experimental*, ya que, él consideraba que es sólo a través de la *interacción* con los fenómenos que podemos llegar a obtener conocimiento de ellos. De hecho, en varios de sus textos él enfatiza más la experimentación controlada que la simple observación. "Incluso considerando ejemplos de observación científica, llevada a cabo metódicamente, como en astronomía…nunca estamos completamente convencidos de las causas de los fenómenos observados hasta que podemos demostrar el funcionamiento de las mismas fuerzas por experimentos actuales en el laboratorio" (1868/1995, p.195-196). En otras palabras, "...para adquirir certeza sobre la realidad, una epistemología basada en la fisiología de los sentidos tiene que instruir a los humanos sobre cómo proceder al actuar" (Helmholtz 1892/1995, p.410-411). Es la *interacción* con los fenómenos lo que puede sustentar una concepción de los mismos que podemos llamar conocimiento.

Al tipo de investigación experimental que concebía Helmholtz subyace una *lógica* basada en un tipo de juicio que él consideraba como una forma de *inducción*. De acuerdo con él, la manera en que usamos las sensaciones en la vida cotidiana sólo puede entenderse si reconocemos que nuestra mente hace *inferencias*, a partir de ellas, de forma espontánea y no necesariamente consciente. El juicio *inductivo* que describe Helmholtz *no se expresa necesariamente en esquemas explícitos*, pero tienen la misma *validez lógica*. Ese juicio inductivo es parte de la investigación científica (y de toda investigación) en la medida que utilizamos nuestros sentidos para conocer el mundo.

> Pero los juicios que juegan una parte tan grande de la percepción que derivamos de nuestros sentidos no pueden ser expresados en la forma ordinaria de las conclusiones lógicamente analizadas...Me parece que, en realidad, sólo hay una diferencia superficial entre las 'conclusiones' de los lógicos y las conclusiones inductivas en las que reconocemos el resultado en las concepciones que ganamos del mundo externo a través de nuestras sensaciones. La diferencia depende principalmente de que las primeras conclusiones son incapaces de ser expresadas en palabras, mientras que las últimas no lo son. (Helmholtz 1892/1995, 197-198)

Helmholtz consideraba que los *juicios inductivos* que usamos en la percepción fundamentan nuestro conocimiento del movimiento de *cuerpos rígidos*, lo que consideraba que hacía posible establecer descubrir la geometría del espacio. Del mismo modo, la investigación empírica experimental, junto con el uso de *juicios inductivos*, debía

permitirnos descubrir las fuerzas que causan los fenómenos físicos. Aunque él llegó a rechazar su idea inicial sobre la necesidad de entender los fenómenos en términos de fuerzas de acción a distancia, él siguió pensando que esa postura era una hipótesis razonable; aunque ya no una precondición para la investigación científica. Dicha hipótesis debía investigarse experimentalmente y apoyarse en el uso de *juicios inductivos*. Pero *como las inferencias inductivas nunca son completas, tampoco podemos afirmar haber descubierto las causas de los fenómenos con completa certeza.*[72] Lo más que podemos hacer es, primero, establecer leyes que relacionen fenómenos y, posteriormente, proceder a investigar las causas.

Lo importante en ese cambio en la concepción de Helmholtz no es tanto sus consecuencias para su entendimiento de la mecánica, sino para su concepción de la investigación. Las causas de los fenómenos se podían descubrir, de acuerdo con él, mediante *inferencias inductivas*, estudiando los fenómenos experimentalmente y esto ya no era algo que se podía presuponer como precondición para la posibilidad del conocimiento. En particular, Helmholtz pasó de la concepción de que el principio, según el cual los fenómenos debían explicarse en términos de fuerzas de acción a distancia, era una precondición necesaria *a priori*, a una concepción en la que dicho principio era una *hipótesis*. En otras palabras, *los avances científicos del siglo XIX llevaron a Helmholtz a rechazar la idea de que los principios de las teorías (y de la geometría) eran necesarios y certeros a priori; y lo motivaron a considerar que dichos principios son, más bien, hipótesis tentativas, de las cuales nunca tenemos certeza completa*.

2.5 La investigación de Hertz en electromagnetismo

Helmholtz implementó su nueva concepción de cómo investigar los fenómenos físicos en sus estudios sobre electromagnetismo. En dichos estudios, Helmholtz buscó una forma de reconstruir la *teoría electromagnética de James Clerk Maxwell* (1831-1879). Dicha teoría es considerada, hoy en día, como uno de los logros más importantes de la física del siglo XIX, pero en su época era considerada poco clara y se formulaba de maneras diferentes. Helmholtz buscó esclarecerla derivando las leyes que Maxwell había formulado para los

[72] Comúnmente se considera que una *inducción* (enumerativa) se basa en una conclusión obtenida a partir de un cierto número de observaciones. En el estudio de fenómenos físicos, nunca podemos afirmar que hemos observado todas las instancias de los mismos. Al afirmar que los principios de las teorías y de la geometría se basan en juicios *inductivos*, Helmholtz reconocía que no tenemos completa certeza acerca de los mismos; éstos son siempre hipótesis tentativas y no presuposiciones necesarias.

fenómenos electromagnéticos a partir de la acción observable entre elementos de corriente, en vez de fuerzas entre partículas u otros supuestos inobservables (como era común en otras formulaciones).

La investigación de Helmholtz en electromagnetismo es importante porque sirvió como punto de partida para los estudios de su alumno Heinrich Hertz. A su vez, los estudios de Hertz llevaron a éste a nuevas concepciones sobre la mecánica y la investigación en física. Este proceso comenzó cuando Hertz llegó a la conclusión de que la reconstrucción que Helmholtz había hecho de la teoría de Maxwell era problemática. Hertz consideraba que la reconstrucción de Helmholtz llevaba a conclusiones paradójicas, pero que éstas no eran propiamente consecuencias de la teoría electromagnética de Maxwell. De manera que, para clarificar el asunto, Hertz hizo una distinción entre lo que él llamaba *la teoría* y lo que él consideraba su *representación*. De acuerdo con él, la teoría expresa sólo las regularidades en las relaciones de los fenómenos, mientras que la representación consiste en la explicación de los procesos inobservables que producen los fenómenos. Una teoría, por ejemplo, consistiría en *una ley matemática* que relaciona un parámetro eléctrico con uno magnético, mientras que una representación incluiría una *explicación* física de esa relación matemática.

En el caso del electromagnetismo de finales del siglo XIX, Hertz consideraba que había *tres* representaciones de la teoría de Maxwell: la representación original del propio Maxwell, la reconstrucción de Helmholtz y una más que el propio Hertz había ideado. Lo que él llamaba la "*teoría de Maxwell*" consistía en lo que era común a las tres representaciones: las ecuaciones de Maxwell.

> Por lo tanto, la representación de la teoría en el trabajo del propio Maxwell, su representación como un caso límite de la teoría de Helmholtz y su representación en la presente disertación (aunque diferentes en forma) tienen sustancialmente el mismo significado profundo. Este significado común de los diferentes modos de representación (y otros pueden ciertamente encontrarse) me parece que es la parte que subyace al trabajo de Maxwell. Esto, y no los peculiares métodos y concepciones de Maxwell, es lo que designaría como 'la teoría de Maxwell'. A la pregunta '¿qué es la teoría de Maxwell?' No conozco respuesta más corta o definitiva que la siguiente: la teoría de Maxwell es el sistema de ecuaciones de Maxwell. (Hertz 1893, p.21)

Al afirmar que la teoría de Maxwell consiste en su sistema de ecuaciones, Hertz no buscaba limitarse a leyes observables, sino librarse de las interpretaciones preconcebidas para después, en la investigación, identificar una representación (explicación) adecuada.

Algunos investigadores, como D'Agostino (1998), han entendido esta distinción de Hertz entre teoría y representación como una entre física y matemáticas, dado que, en este caso, la teoría sin representación consiste en las ecuaciones de Maxwell. Sin embargo, las ecuaciones de Maxwell no son expresiones meramente formales, sino que expresan relaciones entre fenómenos eléctricos y magnéticos. La *teoría*, en la distinción de Hertz, consiste en l*eyes expresadas en términos matemáticos*, pero la *explicación* de las mismas sería parte de la *representación*. Heidelberger (1998, p.18) advierte que la distinción tampoco debe confundirse con la de los empiristas lógicos posteriores quienes distinguían entre sistemas formales sin interpretación y sus interpretaciones. La *representación* de la que habla Hertz debía ser investigada mediante *experimentación* una vez que las leyes que constituyen la teoría estuvieran bien establecidas.[73]

Hertz concluyó que un aspecto distintivo de la representación de Maxwell era que el espacio vacío se comporta como un material aislante que puede ser polarizado, es decir, como un *dieléctrico*. Había que entender las interacciones electromagnéticas como transmitidas a través del espacio por un medio continuo o *campo*. Es por ello que Hertz comenzó a investigar la propagación de efectos eléctricos en el espacio, lo que lo llevó a la comprobación experimental de las *ondas electromagnéticas*, por lo que es conocido hasta el día de hoy.[74] De dicha investigación, Hertz concluyó que las representaciones que dependían de la acción de fuerzas eléctricas que actuaban a distancia, de manera inmediata, eran insostenibles.[75]

---

[73] En mi lectura, esta distinción entre *teoría* y *representación* es similar a la que hará Duhem entre *leyes de la física* y *teorías*, como veremos en la sección 5.4. La terminología de Hertz se presta a confusión, en parte, porque no siempre utilizó los términos de manera consistente. Sin embargo, al señalar que la *teoría* consiste en las ecuaciones de Maxwell, considero que se refiere a lo que Duhem llamará 'leyes de la física' y la *representación* corresponde con lo que Duhem llama *teoría*. En mi opinión, al menos, algunas de las críticas de Duhem a Hertz se deben a la confusión causada por estos términos, ya que cada uno llamaba *teoría* a algo diferente.

[74] En una serie de experimentos llevados a cabo en la década de 1880, Hertz fue el primero en demostrar experimentalmente la existencia de ondas electromagnéticas. Hertz fue capaz de producir dichas ondas con un circuito abierto conectado a una bobina para luego detectarlas con una simple espira de alambre en otro circuito abierto. Al mover dicho circuito detector a diferentes distancias, Hertz logró medir la longitud de onda de las ondas eléctricas que estaba produciendo. Con este valor, y la frecuencia calculada del oscilador (el circuito con bobina), también fue capaz de obtener la velocidad de las ondas que producía. Hertz vio aquí la primera demostración de propagación finita de los efectos asociados a la electricidad y el magnetismo, algo que muchos habían considerado acción a distancia.

[75] La investigación de Hertz sobre las ondas electromagnéticas no sólo fue un factor clave para el triunfo de la *teoría electromagnética de Maxwell* sino también para la *teoría electromagnética de la luz*. Al producir ondas electromagnéticas, Hertz también mostró que éstas exhiben comportamientos similares a los de la luz, lo que terminó por convencer a la comunidad científica de aceptar la hipótesis de Maxwell y Faraday respecto de que la luz es, de hecho, un tipo de onda electromagnética. Por ejemplo, Hertz hizo pasar las ondas eléctricas por un prisma demostrando que se refractan exactamente como ondas de luz, también

Así, Hertz dio evidencia que apoyaba el uso de la noción de *campo* en el estudio de fenómenos electromagnéticos. Él había mostrado que las presuposiciones metafísicas, como las de Helmholtz en su trabajo temprano, eran innecesarias y podían ser inadecuadas para la investigación en física. Es decir, las causas de los fenómenos no se debían presuponer, sino que se debían investigar; esto identificando *leyes* que relacionan fenómenos, como las de las ecuaciones de Maxwell, para posteriormente buscar la *representación* más adecuada de las mismas.[76]

2.6 Los Principios de la Mecánica de Hertz

Las lecciones filosóficas que Hertz tomó de su investigación en electromagnetismo se pueden encontrar expresadas en la introducción de su libro de 1894 sobre los *Principios de la Mecánica*.[77] En dicho texto, Hertz explica cómo él consideraba que se deben formular y escoger las *representaciones* de las *teorías* físicas. Sin embargo, como sugiere el título del libro, *Hertz no analiza la elección de teorías electromagnéticas, sino de teoría mecánicas*. Este cambio en el interés por parte de Hertz, del electromagnetismo a la mecánica, puede parecer extraño hoy en día, pero tiene una explicación natural si consideramos la situación específica en que se encontraba la física de la época. En general, el proyecto del libro *Principios de la Mecánica* de Hertz no se entiende sin dicho contexto. Como señala Jesper Lützen: "Muchos físicos y matemáticos [de su época] no aceptaron su agenda, pero todos parecen haberlo entendido. Los lectores modernos, por otro lado, suelen quedar desconcertados por sus extraños objetivos y métodos" (Lützen 2005, p.1).

---

polarizó ondas eléctricas dirigiéndolas a través de un par de cables paralelos y difractándolas al interrumpirlas con una pantalla con un agujero en ella. Además, reflejó las ondas eléctricas de una pared del cuarto obteniendo interferencia entre las ondas originales y las ondas reflejadas. También enfocó las ondas con grandes espejos cóncavos produciendo sombras eléctricas con obstáculos conductores. "El experimento con espejos especialmente atrajo la atención, debido a que era la refutación más directa de la acción a distancia en electrodinámica" (McCormmach 1980, p.346). Estos experimentos con espejos, y los que mostraban una velocidad de propagación finita de las ondas, generaron una rápida conversión, en la física europea, de quienes defendían la suposición de acción a distancia en electrodinámica a la teoría de Maxwell de procesos electrodinámicos tomando lugar en un medio.

[76] Además de las representaciones, también, la manera de formular las ecuaciones de Maxwell fue revisada por varios autores, incluyendo a Hertz. La formulación moderna de dichas ecuaciones de Maxwell se debe al trabajo de Oliver Heaviside (1850-1925).

[77] Es interesante notar que, de acuerdo con John T. Blackmore, "La consecuencia más importante del libro de Hertz fue impresionar a los físicos con supuestas diferencias entre la física 'clásica' y la 'moderna'. Las expresiones mismas, aparentemente, no fueron usadas por el propio Hertz, pero Poincaré en 1897 y Boltzmann en 1899 las usaron en referencia al libro de Hertz, ayudando así a popularizar la distinción y las etiquetas. Lo que es esencial notar es que los términos ya estaban en uso antes de los descubrimientos de Planck y de Einstein, esto es, ¡antes de los descubrimientos que actualmente suponemos que causaron y justificaron la distinción y las etiquetas en primer lugar! La explicación más razonable sería que Hertz notó dificultades en la mecánica newtoniana y anticipó importantes descubrimientos experimentales y teóricos" (Blackmore 1972, p.120).

Un primer punto a tener en cuenta es que, en el estudio de la mecánica, el *concepto de fuerza* se suele considerar central; pero, como ya hemos visto, desde Newton hasta el siglo XIX había debates importantes respecto de dicho concepto. Algunos de esos debates consistían en discutir si el *concepto de fuerza* tenía implicaciones metafísicas y su relación con la noción de *causalidad*. Sin embargo, había otro aspecto problemático del *concepto de fuerza* que probablemente era más apremiante para Hertz. Lo que debió ser más preocupante para él era que el *concepto de fuerza* se solía utilizar de maneras diferentes en distintos contextos y no era claro que esos usos fueran consistentes. Más aún, se consideraba que las diferentes maneras de usar el *concepto de fuerza* constituían un obstáculo en el estudio de la *mecánica de cuerpos flexibles extensos.*[78] Dado que, en particular, el *éter* (que supuestamente transmitía las ondas electromagnéticas en el espacio) se consideraba precisamente como un cuerpo flexible extenso, su estudio hacía necesario clarificar problemas mecánicos, como el uso apropiado del *concepto de fuerza*. En otras palabras, "En el caso de Hertz, sus motivaciones iniciales parecen haberse centrado sobre preocupaciones con respecto de las características mecánicas del 'éter' a través del cual se suponía que las ondas eléctricas de Maxwell se propagaban" (Wilson 2021, p.33).

Durante todo el siglo XIX hubo extensos debates en física sobre la naturaleza del supuesto *éter*. Éste debía combinar características mecánicas difícilmente consistentes, ya que, por un lado, debía ser lo bastante rígido como para transmitir ondas a la velocidad de la luz y, por otro, debía ser lo bastante tenue como para que los planetas no perdieran

[78] De acuerdo con Wilson (2017, p.320-323), las inconsistencias en el uso del *concepto de fuerza* eran una de las principales dificultades que enfrentaban en los estudios mecánicos de *medios continuos* a finales del siglo XIX. Wilson ilustra este punto con un ejemplo en el que considera un cable rígido que soporta un grupo de cuentas de un cierto peso, las cuales pueden moverse por el cable. Determinar el peso que dicho cable puede soportar, en la física del siglo XIX, requería considerar la acción de fuerzas de *ligadura* o de restricción (*constraint forces*) que mantienen unidas las partículas del cable en cuestión. Este tipo de fuerzas se calculaban de manera que tengan la magnitud suficiente para mantener unido al cable, lo que no era consistente con la manera tradicional de entender el *concepto de fuerza* de la gravitación o de la ley de elasticidad de Hooke. "La intensidad de las últimas [la fuerza gravitacional o la de la ley de Hooke] deben especificarse *antes* de que calculemos la configuración de nuestro sistema, mientras que operamos de manera opuesta con nuestras fuerzas de ligadura. Conocemos la intensidad de éstas sólo *después* de que determinamos la configuración del sistema. En otras palabras, la intensidad de las fuerzas regulares es generada directamente por leyes de fuerzas, mientras que la intensidad de las fuerzas de ligadura no. Peor aún, cuando investigamos estos asuntos en un contexto dinámico, encontramos que las fuerzas de ligadura deben ajustar su intensidad atractiva de acuerdo con la velocidad de las cuentas que se mueven al pasar por el cable. Esta observación engendró históricamente una gran inestabilidad en la mecánica porque Helmholtz había derivado originalmente la conservación de la energía de la suposición de que ninguna fuerza podía ser sensible a la velocidad" (Wilson 2017, p.322, énfasis en el original). En otras palabras, las fuerzas de *ligadura* se calculan de manera diferente a las conocidas fuerzas de gravedad o de la ley de elasticidad, además de que pueden depender de parámetros diferentes. Ambas cosas hacían dudoso que el mismo *concepto de fuerza* pudiera aplicarse igualmente en esos casos distintos.

velocidad al atravesarlo en su órbita alrededor del sol.[79] Es decir, el paso de Hertz del electromagnetismo a la mecánica se debe al interés en el *éter*, el cual era un medio *mecánico* continuo que debía transmitir las ondas electromagnéticas. Esto se aprecia claramente al inicio del libro, en el que Hertz afirma que:

> Todos los físicos están de acuerdo en que el problema de la física consiste en rastrear los fenómenos naturales de regreso a las simples leyes de la mecánica.[80] Pero *no hay el mismo acuerdo respecto de cuáles son estas leyes*. Para muchos físicos, son simplemente las leyes del movimiento de Newton. Pero, en realidad, estas leyes sólo obtienen su significado interno y su significado físico a través de *la suposición tácita de que las fuerzas de las que hablamos son de una naturaleza simple y poseen propiedades simples*. *Pero no tenemos aquí certeza de qué es simple y admisible y qué no*: es sólo aquí que ya no encontramos ningún acuerdo general. Por tanto, emergen opiniones diferentes respecto de si esta o aquella suposición está de acuerdo con el sistema usual de mecánica o no. Es en el tratamiento de nuevos problemas que reconocemos la existencia de tales preguntas abiertas como un verdadero obstáculo al progreso. Así, por ejemplo, *es prematuro intentar basar las ecuaciones del movimiento del éter sobre las leyes de la mecánica hasta que hayamos obtenido un acuerd*o perfecto sobre lo que se ha de entender por este nombre. (Hertz 1899, p.XXI, énfasis añadido)

Aquí Hertz señala que había aspectos de las leyes de Newton que no eran claros, en especial en lo que se refiere al *concepto de fuerza*. Además, él también señala que el estudio del *éter* era un caso concreto en que esa falta de claridad podía tener repercusiones. De acuerdo con la investigación de Mark Wilson (2017 y 2021), los problemas para estudiar medios continuos (como se suponía que era el *éter*), a finales del siglo XIX, se suelen ignorar en los estudios históricos de hoy en día por diversos factores. Sin embargo, no se puede analizar las ideas de los autores de esa época sin tener en cuenta que en ese entonces "Nadie entendía completamente cómo la matemática adecuada para un cuerpo verdaderamente flexible (un, así llamado, 'objeto físico continuo') debía ser presentada (esta tarea requirió

[79] En la sección 8.1 me detendré un poco más sobre el estudio del *éter* en el siglo XIX.

[80] Como señala Lützen (2005, p.38-29), de hecho, *no todos los físicos* de la época estaban de acuerdo con este programa de reducir los fenómenos a las leyes de la mecánica. Veremos, en el siguiente capítulo, que Ernst Mach no estaba de acuerdo, por ejemplo, como tampoco Duhem. El propio Hertz parece haber estado consciente de ello puesto que, de acuerdo con Lützen, en varios manuscritos preliminares de *Principios de la Mecánica*, Hertz iniciaba diciendo 'la mayoría de los físicos' o utilizando otros términos en vez de 'todos los físicos'. El hecho de que Hertz, al final, haya dejado las palabras 'todos los físicos están de acuerdo' parece ser más un reflejo de su confianza en el proyecto mecanicista.

cincuenta y tantos años de investigación, después de la época de Hertz, antes de que se desarrollaran propuestas fundacionales adecuadas)" (Wilson 2021, p.39).

El proyecto de Hertz en su libro de *Principios de la Mecánica* estaba motivado por el reconocimiento de que había una importante falta de claridad en la mecánica, lo que obstaculizaba la investigación en otras áreas, como en electromagnetismo. Además, Hertz era consciente de que su descubrimiento de las ondas electromagnéticas había reivindicado la noción de *campo* por encima de la de *fuerzas de acción a distancia*. De manera que, como había hecho en sus estudios electromagnéticos, él esperaba resolver las dificultades en mecánica proponiendo leyes claras de una teoría mecánica y construyendo una representación coherente de las mismas. Esto le permitiría a Hertz mostrar que era posible dar una *imagen* de los fenómenos mecánicos que fuera superior a otras propuestas de la época, en tanto que ya no incluiría conceptos oscuros o inconsistentes.[81]

Es importante notar que la solución de Hertz a los problemas teóricos de su época involucraba dar forma a una *teoría* mecánica (y su *representación*) desde sus fundamentos, una tarea más amplia que la de revisar un par de definiciones. De acuerdo con Hertz, el *concepto de fuerza* de la mecánica se había hecho problemático, no porque hubiese sido definido de manera descuidada, sino por la manera en que se ha utilizado en contextos cada vez más amplios. Al aplicar un concepto a más y más contextos, como sucede con el *concepto de fuerza* con el avance histórico de la mecánica, demandamos más del concepto en cuestión. "Pero hemos acumulado alrededor de los términos 'fuerza' y 'electricidad' más relaciones de las que podemos reconciliar completamente entre sí" (Hertz 1899, p.7). Es decir, "Hertz no afirma que la noción de 'fuerza' en el centro de estos desajustes sea inherentemente 'metafísica', o confusa, sino sólo que la práctica establecida ha cargado el término con un número excesivo de demandas descriptivas" (Wilson 2021, p.70). En su investigación sobre Hertz, Mark Wilson enfatiza que el problema son *las relaciones en el lenguaje*, no el concepto en sí mismo:

> Como tal, la visión de 'análisis conceptual' de Hertz está plenamente basada en las preocupaciones pragmáticas de… 'articular una colección doctrinal que funcione

[81] La necesidad de revisar la mecánica para evitar conceptos que se habían reconocido como problemáticos es un factor que puede explicar, en parte, la actitud positivista de la época que buscaba eliminar concepciones metafísicas. No obstante, como hemos visto, esa necesidad (como la actitud positivista) es consecuencia del desarrollo científico que previamente se había producido en la física y debates que venían desde, al menos, el siglo XVIII. "La actitud empírica antimetafísica en la mecánica, la cual culminó hacia el final del siglo XIX con el intento de Kirchhoff, Hertz y Mach de eliminar el concepto de fuerza de la ciencia, no fue una novedad repentina…este cambio en el clima de opinión puede rastrarse al criticismo de Berkeley a la mecánica de Newton y al análisis de Hume del concepto de causalidad" (Jammer 1962, p.211).

> hábilmente', en lugar de aclarar ideas turbias a la manera del 'análisis conceptual' que Bertrand Russel favoreció…Hertz cree plenamente (como yo mismo) que cuando las palabras son inspeccionadas de cerca…frecuentemente no hay nada que ver, pues el problema, de hecho, yace en cómo el tejido más amplio del lenguaje se ha unido. (Wilson 2021, p.52)

En otras palabras, la corrección que Hertz considera que se requiere en la mecánica, no es reformular un par de definiciones, sino *revisar un cuerpo amplio de doctrina teórica*. Es decir, había que revisar la teoría mecánica como un todo (de manera *holista*). Esto es importante porque "La concepción 'holista' de reparación conceptual fue ampliamente compartida por muchos de los científicos/filósofos contemporáneos de Hertz" (Wilson 2021, p.71). En particular, en el capítulo 6 veremos que Duhem compartió esa concepción.

Pero ¿cómo llevar a cabo este proyecto de corregir la mecánica en conjunto? Desde la época de Newton, la mecánica solía ser presentada como un *sistema deductivo* a la manera de la *geometría euclidiana*. Debido a ello, Hertz consideraba que la mejor manera de llevar a cabo su proyecto correctivo consistía en reconstruir la mecánica a partir de *principios* (o axiomas) y *definiciones claras*, de las cuales pudieran deducirse todos los resultados de la mecánica.[82] Notemos de paso que "Contrario a Helmholtz, Hertz no defendía una concepción inductivista de la ciencia, sino una *deductivista*" (Schiemann 1998, p.30, énfasis añadido). Si un esquema de este tipo se construía adecuadamente, y de manera rigurosa, ya no habría peligro de que se presentaran inconsistencias. "Aunque las recomendaciones conceptuales específicas de Hertz no fueron ampliamente aceptadas, su forma general de proceder axiomáticamente le pareció a la mayoría de los observadores

[82] Hay que notar, sin embargo, que la concepción que se tenía en siglo XIX de un *sistema axiomático* de este tipo era diferente a como llegó a concebirse durante el siglo XX. De acuerdo con Lützen (2005, p.21), en el siglo XIX se consideraba que el esquema debía comenzar con *definiciones claras* y principios (axiomas) que fueran evidentemente verdaderos. En contraste, el método axiomático como se entendió en el siglo XX comienza con términos básicos *sin definir* y principios que sólo establecen *posibles* relaciones entre los términos, sin que haya *ninguna pretensión de verdad* en ellos; la cuestión sobre su verdad (o corrección) sólo se presenta al tratar de aplicar el esquema al estudio de un fenómeno concreto y después de que se ha establecido cómo medir las cantidades que expresan los términos básicos.
Pero, podríamos preguntar, si el esquema euclidiano del siglo XIX comienza con *definiciones de nociones básicas* (en vez de definirlas implícitamente por su lugar en el esquema, como se haría en el siglo XX), ¿cómo es que Hertz esperaba evitar las dificultades con la definición del *concepto de fuerza*? La respuesta es que, a diferencia de otras teorías mecánicas de la época, él no toma el *concepto de fuerza* cómo básico, sino sólo los de *espacio*, *tiempo* y *masa*. El *concepto de fuerza* quedaba o eliminado (en el caso de fuerzas de acción a distancia) o (en el caso de las fuerzas de contacto) sus efectos se explicaban a través de las otras nociones.

como ‘lo obviamente correcto’, incluso si los detalles particulares de sus propuestas específicas resultaron inadecuados” (Wilson 2021, p.8).[83]

Para reconstruir la mecánica en un *sistema deductivo* claro, Hertz, en primer lugar, señala que, al investigar fenómenos físicos, utilizamos *signos* o *símbolos* de cosas que podemos observar para crear una *imagen mental*.[84] “Nos formamos imágenes o símbolos de los objetos externos; y la forma que les damos es tal que las consecuencias necesarias de las imágenes en el pensamiento son siempre la imagen de las consecuencias necesarias en la naturaleza de las cosas imaginadas” (Hertz 1899, p.1). Es decir, buscamos que los símbolos, en las *imágenes* mentales, estén relacionados de manera similar a las relaciones que hay entre los fenómenos naturales. La idea que subyace a esta manera de entender a las teorías es que no tenemos conocimiento directo del mundo (un supuesto que probablemente es influencia de Kant y Helmholtz), por lo que sólo podemos esperar que las teorías representen una *similitud* o *paralelismo* con los fenómenos. En otras palabras, “una imagen puede representar el mundo solo en la medida en que las consecuencias necesarias de la imagen en el pensamiento (*Denknotwendigkeiten*, el mismo término utilizado por Frege para describir a las leyes de la lógica) reflejan las consecuencias necesarias en la naturaleza (*Naturnotwendigkeiten*)” (Hyder 2013, p.270, itálicas en el original). Las relaciones necesarias en el pensamiento de las que habla Hertz consisten en relaciones lógicas (*deductivas*). Es decir, en una *imagen mental* (que es en lo que consiste la teoría para Hertz) debe haber relaciones entre *signos* de consecuencia *deductiva*; y esas relaciones son imágenes de relaciones entre distintos aspectos de los fenómenos naturales que los *signos* representan.

---

[83] Será importante tener en cuenta que Duhem, a pesar de que dirigió algunas críticas a Hertz, en general siguió un proyecto similar en física. El estudio de la dinámica de medios continuos fue una de las áreas de la física a las que más contribuyó Duhem y lo hizo precisamente con formulaciones axiomáticas claras de las teorías. De acuerdo con Donald G. Miller: “En su preocupación por extraer las consecuencias lógicas de un conjunto de axiomas para una porción de la física o la química, Duhem fue un pionero. Hoy en día una escuela floreciente de mecánica continua sigue un camino similar, con un fuerte interés en los fundamentos y en encontrar los teoremas más generales sobre fluidos o cuerpos elásticos con ecuaciones constitutivas no lineales...Ellos suelen citar a Duhem y a sus famosos predecesores como Euler y Cauchy” (Miller 1981, p.228).

[84] La idea de pensar las teorías mecánicas como *signos* parece similar a la de Helmholtz (que vimos en la sección 2.2) de entender a las cualidades de las cosas como *signos*. En ambos casos hay una distinción entre el mundo y los pensamientos, de tal manera que, en una investigación, buscamos que los pensamientos sirvan de *signos* de algo externo. La idea de las teorías como *imágenes mentales* fue particularmente influyente en la época, en especial (como veremos en la sección 3.3) para Boltzmann. En el caso de Duhem, veremos (en la sección 5.2) que no comparte la misma idea de las *teorías* como *imágenes* mentales, pero sí la idea de que los conceptos de la física son *signos* de aquellos aspectos de los fenómenos que buscamos estudiar.

Los enunciados que se forman con los *signos* o símbolos que utilicemos en una investigación constituyen, de acuerdo con Hertz, los *principios hipotéticos* de las *imágenes* que deben representar relaciones en la naturaleza. Pero esos *principios* no pueden someterse a test individualmente, sino que lo que se testea son las consecuencias de *todo el sistema* que se forma con ellos. Hertz ya había reconocido en trabajos previos que los principios de las teorías no se pueden poner a prueba por separado.

> Es verdad, mientras tanto, que cada fórmula separada no puede ser probada especialmente por la experiencia, sino sólo *el sistema como un todo.* (Hertz 1893, p.197, énfasis añadido)[85]

Para probar la adecuación de los *principios* de las *imágenes teóricas*, es necesario *deducir* de ellos consecuencias que podamos probar experimentalmente. Sin embargo, esta descripción parece dejar abierta la posibilidad de que *diferentes imágenes representen las mismas relaciones entre fenómenos*. Esto es, en efecto, lo que Hertz consideraba que había sucedido en la electrodinámica. La relación entre fenómenos estaba expresada en las ecuaciones de Maxwell y se habían producido tres representaciones (la del propio Maxwell, la de Helmholtz y la suya).

> Las imágenes que podemos formar de las cosas no están determinadas sin ambigüedad por el requerimiento de que las consecuencias de las imágenes deben ser imágenes de las consecuencias. *Varias imágenes del mismo objeto son posibles y estas imágenes pueden diferir en varios aspectos*. (Hertz 1889, p.2, énfasis añadido).[86]

Cada imagen, o *representación*, debe ser vista como *hipotética* y *el problema que surge es el de escoger entre ellas*.

En el caso concreto de la mecánica, Hertz reconoce *tres imágenes teóricas*. *La primera imagen es la que él considera la tradicional* y que postula que los objetos actúan unos sobre otros mediante fuerzas de acción a distancia. La principal queja de Hertz contra dicha imagen es, como ya hemos visto, que genera inconsistencias en distintos ámbitos. "La mayoría de las veces estas ligeras disparidades no generan problemas, pero en ciertas

[85] Esta idea de que sólo podemos probar experimentalmente un sistema en *conjunto* será de gran importancia para Duhem como veremos en el capítulo 6.

[86] Mark Wilson considera que la apertura de Hertz a considerar varias imágenes teóricas posibles se debe a que éste considera que el problema con la mecánica es el *sistema completo* y *no aspectos individuales*. En otras palabras, el problema de los *principios* de la mecánica se debe enfrentar de manera *holista*. "Hertz admite fácilmente que esta purga de 'fundamentos' conflictivos podría lograrse en una variedad de formas… Esta tolerancia diagnóstica se deriva directamente de su concepción 'holista' de los enredados orígenes del conflicto conceptual. Nada interno a las terminologías individuales de la mecánica tradicional revela algún defecto ideológico inherente; sus empleos simplemente no funcionan juntos hábilmente en la empresa colectiva" (Wilson 2021, p.74-75).

situaciones críticas los desacuerdos estallan en importantes dilemas de aplicación" (Wilson 2021, p.26). Esto sucedía en el caso del estudio del *éter*.

La segunda imagen que considera Hertz consiste en la postura que era conocida como *energetismo* y se basa en la idea de que los fenómenos físicos debían ser derivados como consecuencia de transformaciones de energía. Esta postura era apoyada por varios físicos importantes de la época, entre ellos el propio Helmholtz y, posteriormente, también Duhem defendería una versión de la misma.[87] "Hertz es renuente a aceptar esta ruta energetista principalmente por las dificultades del formato para manejar las, así llamadas, restricciones no holonómicas de forma natural" (Wilson 2021, p.27).[88]

Finalmente, la *tercera imagen de la mecánica es la que propone el propio Hertz*. "La característica más distintiva de la mecánica de Hertz es que sólo opera con tres conceptos fundamentales, a saber, tiempo, espacio y masa. El concepto de fuerza (y energía) que se asume como un cuarto concepto fundamental en otros tratados contemporáneos de la mecánica es definido a posteriori por Hertz" (Lützen 2005, p.3). La imagen de la mecánica que propone Hertz supera las dificultades que implicaban conceptos como el de fuerza al derivarlos de las otras nociones básicas. Sin embargo, para que su propuesta funcione, Hertz tiene que postular la existencia de un sistema de 'masas ocultas' que conforman al *éter*. Es decir, "en Hertz, el estatus problemático de la ley causal es finalmente eliminado, porque lo que parece ser fuerzas a distancia se reinterpreta como conexiones rígidas en el éter" (Hyder 2013, p.272). Los efectos debidos al contacto entre las masas ocultas y los sistemas mecánicos que estudiemos es lo que compensa la falta del concepto tradicional de fuerza. "La fuerza emerge en la mecánica de Hertz como resultado de conexiones entre el sistema bajo consideración y otro sistema oculto" (Lützen 2005,

[87] El físico escocés William John Macquorn Rankine (1820-1872) llamó 'energetismo' (*energetics*) a esta postura desde 1855. Sin embargo, diferentes autores durante el siglo XIX usaron el término de manera distinta. Ellos compartían la idea de tomar el concepto de energía como fundamental, pero algunos físicos (principalmente británicos) consideraban al *energetismo* en armonía con los programas atomistas-mecanicistas, mientras que otros (franceses y alemanes) veían al *energetismo* como una alternativa a dichos programas. En particular, Duhem defendió esta segunda versión más popular entre franceses y alemanes; lo cual se puede apreciar, por ejemplo, en Duhem (1913/1996). A pesar de que la versión de *energetismo* de Duhem se alejó de la versión británica, se puede notar la influencia de Rankine. En particular, Duhem (2003, p.25) describe a las teorías de la física como una 'doble economía intelectual' (sobre lo que hablaré en el capítulo 5) de una manera claramente similar a Rankine (1881, p.209).

[88] Algunos casos en mecánica requieren que se analice cómo se comporta el sistema que se estudia bajo ciertas restricciones. Las restricciones que se pueden formular como un número finito de ecuaciones, las cuales son funciones de las coordenadas de las partículas, se conocen como 'restricciones holonómicas'. Por 'restricciones no holonómicas', Hertz se refiere a restricciones que no pueden formularse de dicha manera. Una explicación detallada del uso de este concepto por parte de Hertz se encuentra en Lützen (2005, p.192-197).

p.4). Por una parte, esta imagen de la mecánica que propone Hertz resulta más intrincada que la original y requiere postular sistemas de masas inobservables; por otro lado, dicha imagen sí evita nociones problemáticas ya que incluso las masas ocultas se pueden definir claramente como parte de las nociones básicas.

Hertz defiende su concepción de 'masas ocultas' al señalar que las imágenes teóricas de los fenómenos, en general, deben postular entidades y procesos inobservables para ampliar el *alcance predictivo*.

> Si tratamos de entender el movimiento de los cuerpos a nuestro alrededor y referirnos a ellos con reglas claras y simples, prestando atención sólo a lo que puede ser directamente observado, nuestros intentos, en general fallaran…Si queremos obtener una imagen del universo que sea bien redondeada, completa y conforme a leyes, tenemos que presuponer, detrás de las cosas que vemos, otras cosas invisibles —imaginar aliados ocultos más allá de los límites de nuestros sentidos. (Hertz, 1899, p.25)

Es decir, sólo las hipótesis que suponen algo más que lo que podemos observar pueden guiar la investigación. "Sólo la introducción de cantidades ocultas permite que el paralelismo [entre el pensamiento y la naturaleza] alcance el estatus de un principio general" (D'Agostino 1998, p.93). Lo importante para Hertz es que las imágenes lleven a nuevos descubrimientos.

Con todo, aún hacen falta criterios claros para decidir qué imagen de la mecánica es más apropiada. Hertz propone tres criterios: *admisibilidad, corrección* y *conveniencia.*[89] En primer lugar, las imágenes deben ser, lo que Hertz llama, *admisibles*, es decir, no deben contradecir la *lógica deductiva*. Entre dos imágenes admisibles, él considera que es mejor la que representa más relaciones esenciales de los objetos, lo que él llama la más *correcta*. Finalmente, entre dos imágenes que son admisibles y correctas, debemos escoger la más *conveniente*, es decir, la que contenga el menor número de elementos superfluos y no omita fenómenos conocidos que sean de su dominio. En pocas palabras, Hertz propone comparar diferentes imágenes de los fenómenos naturales respecto de su *admisibilidad*, su *corrección* y su *conveniencia*.

[89] En el alemán original estos criterios son *Zulässigkeit* (admisibilidad), *Richtigkeit* (corrección) y *Zweckmäßigkeit* (conveniencia).

De acuerdo con Schiemann (1998), no es muy claro que los primeros dos criterios puedan reducir la multiplicidad de representaciones posibles, pero sí el tercero.[90] La consistencia lógica, que requiere el criterio de *admisibilidad*, se puede lograr de muchas formas y la *corrección* sólo asegura que no haya contradicciones con la experiencia. Los dos criterios los cumplían, por ejemplo, las diferentes imágenes de la electrodinámica que Hertz había estudiado. Pero esto ya no ocurre con el criterio de *conveniencia*. "Con este criterio Hertz drásticamente reduce las condiciones en que múltiples teorías son posibles. Él las subordina a un proceso de *adaptación* y selección que maximiza el alcance predictivo y el contenido empírico de las teorías" (Schiemann 1998, p.34, énfasis añadido). Es decir, Hertz consideraba que, *en el proceso de investigación, la búsqueda por simplicidad y alcance predictivo, que constituyen lo que él entiende por conveniencia, eventualmente reduce las alternativas*. Fue justamente el alcance predictivo lo que había permitido a Hertz escoger entre diferentes imágenes de la electrodinámica, ya que las ondas electromagnéticas eran una predicción sólo de la representación de Maxwell.

Sin embargo, también es interesante notar que Hertz consideraba que, en el proceso de investigación, nuestro juicio respecto de la *conveniencia* de las imágenes puede cambiar. De acuerdo con él, podemos determinar concluyentemente si una imagen es *admisible* de manera definitiva; podemos determinar si es *correcta* sin ambigüedad, aunque sólo con relación al estado actual de nuestra experiencia; pero no podemos decir sin ambigüedad si una imagen es *conveniente* o no. *Una imagen puede ser mejor para ciertos propósitos y una diferente para otros, sólo probando muchas imágenes gradualmente obtenemos la mejor*.[91] De manera que el juicio de *conveniencia* que podamos hacer al evaluar una imagen

[90] John Preston (2008, p.94-95) señala que Ernst Mach consideraba que este tercer criterio de Hertz era consecuente con su propio *principio de economía del conocimiento*, aunque Preston expresa algunas dudas al respecto.

[91] Andreas Hüttemann (2009) considera que, de hecho, Hertz no sigue la tendencia de ver al conocimiento científico como hipotético, si por esto se entiende la idea de que "la corrección de las teorías científicas no puede establecerse por razones de principio" (Hüttemann 2009, p.167). De acuerdo con él, los criterios de Hertz son suficientes para determinar la teoría y la representación correcta sin ambigüedad. Desde mi punto de vista, considerar hipotético a un enunciado no tiene por qué estar relacionado con asumir que es imposible establecer su corrección, por lo que creo que Hüttemann parece insistir en una concepción demasiado fuerte de lo que es una hipótesis. Él mismo Hüttemann reconoce que, para Hertz, las teorías sí están basadas en hipótesis si éstas se entienden en un sentido más débil (como afirmaciones que pueden ser verificadas o refutadas). De cualquier forma, la conclusión de Hüttemann sigue pareciendo extraña debido a que Hertz dice que sólo el criterio de *admisibilidad* es concluyente de manera definitiva, pero éste, por sí mismo, parece insuficiente para determinar imágenes teóricas correctas. Hüttemann responde a esta cuestión señalando que el criterio de *corrección* es definitivo una vez que se ha reunido la evidencia suficiente, es decir, sólo es tentativo al inicio. En la lectura de Hüttemann, los criterios de *admisibilidad* y de *corrección* sí son suficientes para determinar la teoría correcta. Respecto del de *conveniencia*, Hüttemann sostiene que este criterio sólo es para escoger entre concepciones que el científico imagina para hacer inteligible los procesos que se propone estudiar: "Afirmaciones acerca de concepciones,

teórica es tentativo. La certeza de los *principios* no proviene de consideraciones *a priori*, sino de sus consecuencias.

Ya hemos visto que Kant había intentado elaborar *principios necesarios* para el conocimiento, los cuales él consideraba necesarios *a priori*. En el caso de Helmholtz, podemos apreciar el surgimiento de una insatisfacción con Kant y el intento de fundamentar los *principios* en *inferencias inductivas*. En contraste, la concepción de Hertz d*isminuye la importancia de la inducción* y *enfatiza la estructura deductiva* de las teorías. Este énfasis en la *deducción* sobre la *inducción* es característico de la filosofía de la ciencia de fines del siglo XIX, como muestra la reacción positiva de los contemporáneos de Hertz a sus aportaciones filosóficas. Incluso, entre matemáticos de la época, las conclusiones de Hertz fueron bien recibidas, como muestra el trabajo de Leo Corry (2006) sobre la influencia de Hertz en David Hilbert.[92] Pero, además, este cambio, de enfatizar el carácter *inductivo* de la ciencia a enfatizar su carácter *deductivo*, también implicó un cambio de énfasis en otro sentido. *Ahora son las consecuencias y no los principios las que son responsables del testeo*. Lo que se debe poner a prueba son los resultados del sistema teórico en *conjunto* y no hacen falta argumentos que garanticen la verdad *a priori* de los fundamentos.

Sin embargo, en la filosofía de la ciencia posterior, posiblemente se enfatizó más la *estructura deductiva* de esta concepción de las teorías, en sí misma, que el *cambio de*

(*Vorstellungen*) sin embargo, tales como las propiedades que atribuimos a los átomos (como tener cierto diámetro), no pueden ser leídas realistamente, pero aun así no son erróneas. Afirmaciones sobre el diámetro de un átomo no son ni correctas ni erróneas de acuerdo con Hertz. Estas concepciones son lo que agregamos a la naturaleza o a las cosas mismas" (Hüttemann 2009, p.152). Debido a ello: "No son la clase de cosas para las que la evidencia es posible. No son, por lo tanto, hipótesis –ni en el sentido débil ni en el fuerte" (Hüttemann 2009, p.166). En otras palabras, Hüttemann considera que, para Hertz, las imágenes teóricas consisten en dos partes, una que tiene contenido empírico y sobre la que los dos primeros criterios pueden decidir, y otra sin contenido empírico que consiste en concepciones que ayudan a imaginar las entidades (como átomos) o procesos que el físico estudia. El criterio de *conveniencia* sólo ayudaría a decidir sobre esa segunda parte.

De ser correcta la lectura de Hüttemann respecto de que Hertz consideraba que las imágenes teóricas pueden dividirse en dos partes, entonces éste habría anticipado a Duhem también en este respecto. Como veremos hacia el final de la sección 6.4, Duhem consideraba que era posible concebir una división en las teorías entre lo que él llamaba una parte representativa y una parte explicativa. Como veremos, la división de Duhem parece similar a la que, de acuerdo con Hüttemann, concebía Hertz.

[92] De acuerdo con Corry (2006) el famoso *sexto problema* de Hilbert, en el que éste recomendaba axiomatizar las teorías de la física, fue inspirado por el trabajo de Hertz. Sin embargo, Mark Wilson señala que los autores que siguieron la recomendación de Hilber pocas veces tenían consciencia de los motivos por lo que Hertz había buscado reconstruir la mecánica en primer lugar. "Desafortunadamente, la falta de interés que los físicos tomaron en la mecánica clásica después de la emergencia de la mecánica cuántica…llevó a una situación en la que el sexto problema de Hilbert llegó a ser malentendido…El hecho de que el interés del propio Hilbert cambió después hacia las novedades de la relatividad general tampoco ayudó" (Wilson 2021, p.13, nota 2).

énfasis en el testeo. Durante el siglo XX se llegó a considerar, entre filósofos, que una teoría científica debía entenderse como un esquema deductivo completo. Como señala Mark Wilson: "En el uso general, el término teoría apenas significa algo más que 'una propuesta útil', pero a los ojos de los filósofos la palabra gradualmente adquirió un conjunto irreal de suposiciones…" (Wilson 2021, p.4). Hertz concebía a las teorías mecánicas como un *rígido sistema axiomático-deductivo* en su intento de solución a una serie de dificultades particulares de la física de su época; pero la filosofía posterior asumió que esa era la manera correcta de concebir a las teorías científicas *en general*. "Al suponer incorrectamente que la resolución axiomática, a la manera de Hertz, puede resolver con éxito los problemas para los que este remedio estaba destinado originalmente, autores del siglo XX, como Rudolf Carnap, postularon que las 'teorías' comunes y corrientes que se encuentran en la ciencia cotidiana podrían ser ventajosamente 'idealizadas' como 'teorías T' totalmente axiomatizadas" (Wilson 2021, p.15). En otras palabras, "La moraleja principal que derivaré de los desarrollos históricos…concierne a las maneras en que las generaciones posteriores de 'sucedáneos del rigorismo' han extraído 'lecciones' metodológicas injustificadas de los intentos de Hertz de proporcionar correctivos axiomáticos" (Wilson 2021, p.13).[93]

[93] Lo que señala Mark Wilson (2021) no es que Hertz haya originado la concepción de las teorías como *esquemas deductivos*. Desde los tiempos de Newton y Descartes esa había sido una manera de presentar las teorías. Lo que Wilson señala, más bien, es que la obra de Hertz sí llevó a los filósofos posteriores a adoptar una concepción particular del *rigor* científico que *no* necesariamente es típica de la práctica científica; más aún, él considera que dicha concepción motivó muchos intentos por parte de filósofos de presentar teorías "a la manera de los científicos", las cuales suelen estructurarse de un modo muy diferente a como típicamente se hace en ciencia. Incluso aunque hoy en día es poco común que los filósofos intenten proponer teorías estructuradas como esquemas deductivos cerrados, Wilson considera que aún en la actualidad hay una idea artificial y poco práctica de *'rigor'* y de *'razonamiento formal'* que subyace a muchos trabajos en filosofía. Esa preocupación motiva el título de su libro de 2021 *Imitation of Rigor*. De acuerdo con él, por ejemplo, "Nuestros journals académicos están abundantemente poblados de artículos dedicados a la 'epistemología formal', la 'metafísica formal', la 'filosofía de la ciencia formal', etcétera, en los que el término 'formal' generalmente evidencia una fe exagerada en las discriminaciones estándar ofrecidas dentro de la filosofía contemporánea de la ciencia (axiomatización, lógica de primer orden y un poco de teoría de conjuntos…). Pero esta paleta limitada de herramientas de diagnóstico rara vez es adecuada para las complejidades de las preocupaciones de la 'pequeña metafísica' [(es decir, al tipo de preocupaciones que motivaron a Hertz)] que surgen naturalmente en el curso de nuestras capacidades de mejoramiento" (Wilson 2021, p.2).
Más allá de si la crítica de Wilson a la filosofía reciente es justa o no, lo que considero importante resaltar es la idea de que, a finales del siglo XIX e inicios del XX, se produjeron importantes reflexiones sobre la ciencia como respuesta a dificultades específicas. Esas reflexiones incluyeron una serie de argumentos que posteriormente, se siguieron discutiendo, pero sin tener en cuenta esas dificultades a las que respondían. Como vimos en el capítulo anterior, hay una notable cantidad de literatura que discute los argumentos de Duhem *sobre el testeo de hipótesis* sin hacer referencia de ningún tipo a la física de su época. El problema con eso es que argumentos, como los de Duhem, se elaboran a partir de una serie de supuestos que se pueden perder de vista cuando no tomamos en cuenta las dificultades que dichos argumentos buscaban resolver.

Con todo, al cambio de siglo (del XIX al XX), pocos aceptaron la imagen de la mecánica defendida por Hertz, pero la mayoría de los físicos sí aceptaron como correcta su estrategia general para enfrentar los problemas que intentaba resolver. Como señala la investigación de Joseph F. Mulligan, otros importantes físicos de la época, como George FitzGerald y Hendrik Lorentz, "también estaban de acuerdo en las perspectivas filosóficas e ideas físicas mostradas por Hertz en su introducción" (Mulligan 1998, p.178). Las reservas que algunos de ellos llegaron a expresar sobre la introducción de Hertz a *Los Principios de la Mecánica* no estaban relacionadas con las ideas filosóficas sino con otros aspectos técnicos.[94]

[94] En general, el problema con los aspectos técnicos fue que Hertz no hizo claro cómo su imagen de la mecánica podría utilizarse en casos concretos; en ese sentido puede decirse que fue una obra incompleta. Como señaló Duhem: "la mecánica de Hertz es, hasta ahora, menos una doctrina que el proyecto, que el programa de una doctrina" (Duhem 1903, p.167).

Capítulo 3. El uso de hipótesis físicas en Mach y Boltzmann

> "Y si bien es difícil encontrar los rastros de la historia natural del pensamiento científico en el 'método científico', tal y como se discute hoy, ellos están ahí. Debajo de su barniz abstracto, incluso artificial, la autoridad de la que ha disfrutado el método fue construida en parte sobre la idea de que la ciencia alguna vez vivió y respiró…" (Cowles, 2020, p.8)

Introducción

Hertz no fue el único autor contemporáneo a Duhem que llevó a cabo reflexiones sobre la física notablemente similares a las de éste. Autores como Ernst Mach (1838-1916), Ludwig Boltzmann (1844-1906), Henri Poincaré (1854-1912) y Charles Sanders Peirce (1839-1914) también expresaron ideas y conclusiones afines.[95] El objetivo de este capítulo es *identificar en qué consistieron y qué motivó algunas de las reflexiones metodológicas de los físicos de finales del siglo XIX, tales como Ernst Mach (1838-1916) y Ludwig Boltzmann (1844-1906).* En el siguiente capítulo analizaré también las aportaciones de Henri Poincaré (1854-1912) y Charles Sanders Peirce (1839-1914). Como se verá, las concepciones, enfoques y conclusiones de estos físicos fueron distintas y se plantearon en términos diferentes. *Sin embargo, todos ellos muestran preocupaciones similares respecto de la elección y testeo de hipótesis*. Todos ellos consideraban que los criterios que se habían aceptado tradicionalmente para establecer los *principios* de las teorías, como el uso de la *inducción* enumerativa, eran insuficientes para ese propósito; ellos señalaban que los principios de algunas de las teorías más importantes de la época no podían entenderse de esa manera.[96] Por ello, dichos autores formularon nuevas maneras de entender la formulación y *testeo de hipótesis* en física.

Como vimos en el capítulo anterior, las concepciones que se formularon a finales del siglo XIX sobre la evaluación de *hipótesis* y teorías buscaban remediar dificultades que habían surgido en la física. Al igual que Hertz, otros autores también intentaron resolver

[95] En el capítulo 8 veremos que lo mismo se puede decir del caso de Albert Einstein (1879-1955).

[96] Como se verá, los autores que revisaré estaban preocupados por dar cuenta del *testeo de hipótesis* de manera consistente con logros científicos tales como la *teoría de la evolución por selección natural* de Charles Darwin (1809-1882), el descubrimiento de *las geometrías no euclidianas* (como ya vimos en el capítulo 2), las nuevas t*eorías electromagnéticas* y las *teorías atomistas*.

dichas dificultades mediante reconstrucciones rigurosas de las teorías como *sistemas axiomáticos*. Sin embargo, *ésta no fue la única estrategia que siguieron*. Otra estrategia, adoptada en la época por autores como Ernst Mach y Ludwig Boltzmann, consistió en *rastrear los orígenes de la situación en que se encontraba la física*. No se trataba tanto de encontrar en qué momento se habían originado las dificultades, sino de identificar el origen de los procesos que habían dado lugar a las mismas. Es decir, la estrategia consistía en la tarea más amplia de encontrar el origen de los *procesos históricos* y *cognitivos* que habían dado lugar al desarrollo de la investigación científica tal y como se entendía a finales del siglo XIX. Como señala Mark Wilson: "Los desenredos genéticos de este tipo pueden seguir un camino histórico o psicológico. Entonces… [además de seguir la estrategia de Hertz, podemos] rastrear el desarrollo de las historias que han producido los conceptos sobrecargados…[o] diagnosticar los factores psicológicos que dificultan la eliminación de restos fosilizados de etapas anteriores del desarrollo conceptual" (Wilson 2017, p.152). En otras palabras, una estrategia alternativa (aunque no opuesta) a la de Hertz era revisar la *historia* de la física y del *desarrollo cognitivo* que había dado lugar a la investigación científica; esto con la esperanza de que dichas revisiones revelaran confusiones o supuestos innecesarios responsables de las dificultades en la física de la época. En este capítulo me centraré en la revisión que siguieron Mach y Boltzmann del *desarrollo cognitivo*.[97]

Como señala la investigación de Henry M. Cowles (2020), el estudio de diversos aspectos *psicológicos* (que hoy llamaríamos *cognitivos*) de la metodología científica se volvió prominente durante la segunda mitad del siglo XIX. Este interés había iniciado, en parte, con el trabajo de Charles Darwin sobre la *evolución por selección natural*. En el caso de Mach, la influencia de Darwin es particularmente notoria. Mach se apoya en teorías como el darwinismo para formular una concepción acerca de cómo generamos conceptos, *juicios* e *hipótesis* en el transcurso de una investigación. Más aún, Mach entendía a la investigación científica como parte del proceso continuo de *adaptación* del ser humano a su entorno. En esa concepción, muchas de las creencias y *juicios* que solemos tomar como verdades evidentes pueden ser, en realidad, prejuicios o generalizaciones dudosas; tales creencias y *juicios* bien pudieron ser útiles en una etapa de nuestro desarrollo intelectual, pero no hay garantía de que lo sigan siendo. También, Ludwig Boltzmann fue

[97] Aunque vale la pena resaltar que Mach (y también Boltzmann, aunque en menor medida) revisó extensamente la historia de la física.

particularmente enfático de la necesidad de revisar continuamente lo que hemos aceptado como conocimiento para no entorpecer la investigación científica.

Una consecuencia de las conclusiones de Mach y Boltzmann, como veremos, fue la idea de que había más libertad en la formulación de *hipótesis* de lo que tradicionalmente se había reconocido. En los capítulos 5, 6 y 7 veremos que Duhem defiende la misma libertad en la formulación de *hipótesis*. Sin embargo, esa misma libertad en la formulación de *hipótesis* generó dificultades para entender el *testeo* de las mismas que cada uno de ellos (Mach, Boltzmann y Duhem) enfrentaron de maneras diferentes. Para mostrar las similitudes y diferencias entre las ideas de estos autores y las de Duhem en los siguientes capítulos, analizaré en este capítulo (por separado) las concepciones de Mach y Boltzmann.

3.1 Ernst Mach: La ciencia como adaptación

La postura de Ernst Mach sobre la investigación científica se puede apreciar en los ensayos que escribió hacia finales del siglo XIX y que publicó en 1905 como parte del libro *Conocimiento y Error*. El análisis que Mach expuso en dicho libro fue muy influyente en la época y, a su vez, también estuvo motivado por algunas de las teorías científicas más innovadoras del siglo XIX.[98] Es decir, el análisis de Mach buscaba establecer cómo y por qué se produce la investigación científica tomando en cuenta (como señala Pojman 2020) los resultados de investigaciones científicas concretas. Las investigaciones en las que él se apoyó fueron, por ejemplo, el descubrimiento de las *geometrías no euclidianas*, la *teoría de la evolución por selección natural* de Charles Darwin, la *psicología experimental* de Gustav Fechner, entre otras.

La influencia de Darwin en Mach, en particular, se puede notar en la manera que él describe lo que busca establecer en *Conocimiento y Error*: "El científico puede estar satisfecho si reconoce la actividad mental del investigador como una variante de la actividad instintiva del animal y el hombre en la naturaleza y la sociedad – una variante metodológicamente clarificada, afilada y refinada" (Mach 1976, p.XXXI). Es decir, Mach se proponía mostrar que la investigación científica es una continuación de procesos que tienen su origen en *actividades instintivas*. Estas *actividades instintivas*, sin embargo, no se relacionan solo con la adaptación del ser humano a su entorno natural, sino también con su adaptación al entorno cultural. Es decir, Mach caracteriza la formulación de teorías,

[98] Como veremos, hay varios aspectos del pensamiento de Mach bastante cercanos a las ideas de Boltzmann, Hertz, Poincaré y Peirce. El propio Mach reconoció la cercanía entre su concepción y la de Duhem en el prefacio a la segunda edición del libro en cuestión.

conceptos científicos e hipótesis como variantes refinadas de los procesos mediante los cuales los seres humanos nos adaptamos a nuestro ambiente (natural o cultural).

Al rastrear los *orígenes cognitivo*s del tipo de comportamiento que llamamos 'investigación científica', Mach comienza enfatizando un aspecto clave en los procesos de adaptación de los seres vivos a su ambiente; éste consiste en la capacidad de asociar conjuntos de, lo que él llama, *elementos de sensación*. De acuerdo con él, asociar sensaciones hace posible la adaptación de los seres vivos a su entorno puesto que les permite, entre otras cosas, reconocer qué aspectos del mismo son estables, cuales son cambiantes y cuales son recurrentes. Un ave, por ejemplo, puede reconocer dónde se encuentra su nido, incluso aunque no lo esté percibiendo completamente en un momento dado. "Sólo si los alrededores permanecen constantes puede un ave conectar la porción visible de su nido con la idea de su locación" (Mach 1976, p.23). Más aún, la posibilidad de asociar unos aspectos de la experiencia con otros permite a un organismo tomar acciones para solventar necesidades biológicas. Como se verá, para Mach, "El mismo proceso que impulsa la evolución, impulsa a la percepción e incluso a la ciencia" (Pojman 2020). Asociar *elementos de sensación* es una de las habilidades que los seres vivos desarrollan y que, en el ser humano, fue importante para que éste fuera capaz de investigar el mundo natural.

Mach reconoce que gran parte de las asociaciones entre conjuntos de sensación que hacen los animales (y los seres humanos) son *instintivas*. Pero, de acuerdo con él, al complicarse las condiciones de vida de un organismo, las asociaciones que éste hace de manera instintiva pueden resultar insuficientes para su supervivencia. Mach considera que es por ello que el ser humano ha desarrollado su capacidad mental, ya que, ésta le permite adaptarse a los aspectos cambiantes del entorno de una manera más eficiente. La capacidad mental del ser humano es lo que le permite crear nuevas asociaciones entre elementos de sensación. Con el pensamiento podemos asociar sensaciones de tal forma que es posible descubrir maneras alternativas de solventar necesidades biológicas diferentes a las que parecieran más directas.

> El hombre y el animal escogen caminos algo diferentes hacia la satisfacción de sus necesidades…pero mientras los animales, completamente absortos en sus necesidades, suelen sólo apuntar a obtener directamente el objeto que les traerá satisfacción o remover el objeto que les perturba, el hombre, con su mayor poder mental y libertad, ve caminos

> indirectos, también, y escoge el más confortable…El hombre, sin embargo, estabiliza cada procedimiento ventajoso, él tiene una mente más económica (Mach 1976, p.55).

Es decir, parte de la capacidad mental del ser humano se desarrolló para permitirnos asociar diversos aspectos de la experiencia de maneras diferentes y enfocarnos en las más ventajosas; esto implica que el éxito evolutivo del ser humano fue posible gracias, en parte, a la capacidad de *escoger entre diferentes procedimientos posibles*. Lo importante aquí es que Mach estaba intentando explicar el origen *evolutivo* e *histórico* del comportamiento que llamamos '*investigación científica*'; y un aspecto clave de cómo él veía dicho origen era el desarrollo de la inteligencia para *reconocer y elegir entre maneras alternativas de proceder* para alcanzar una *finalidad.*[99]

Mach sostenía que la capacidad del ser humano de escoger entre procedimientos diferentes requiere que éste sea capaz de *adaptar* pensamientos. "La experiencia crece progresivamente por la adaptación de pensamientos a los hechos" (Mach 1976, p.15). Con esto, Mach se refiere a que los pensamientos que aceptamos deben ser *guías* efectivas para las acciones. Él considera que la *adaptación de pensamientos* a *hechos* se logra reproduciendo a los hechos en el pensamiento, lo que permite reconocer posibles relaciones que guardan entre sí diferentes hechos. Sin embargo, las asociaciones que podamos concebir mentalmente entre los hechos deben someterse a *test*; ya que, en el pensamiento podemos hacer muchas asociaciones erróneas. "Los pensamientos que se han sometido a test repetidamente y que se han encontrado correspondientes a los hechos siempre serán reglas constructivas para la acción" (Mach 1976, p.65). Es decir, *la prueba de que los pensamientos son correctos se determina a partir del éxito que tienen para llevarnos a nuestros objetivos*. "Al ver un aspecto de la experiencia como definido, además, por otro que parece notable o importante, hacemos un juicio" (Mach 1976, p.82). Mach señala que esas relaciones que afirmamos en *juicios prácticos* son lo que nos permite anticiparnos a lo que podamos encontrar en la experiencia, lo que es parte importante de nuestra adaptación a un entorno.[100]

---

[99] Esto será importante porque, como veremos, varios autores de la época (incluido Duhem al hacer uso del concepto de *bon sens*) reconocieron la necesidad de analizar justamente ese tipo de elecciones en el contexto de la investigación en física.

[100] Mach consideraba que no necesariamente expresamos verbalmente todas las conclusiones a las que llegamos al hacer juicios; sin embargo, él también sostiene que la formulación de dichos juicios en proposiciones es un aspecto importante en el desarrollo de las habilidades que hacen posible la investigación científica.

Con todo, Mach consideraba que la experiencia es compleja y diversa hasta el punto en que no es posible abarcarla completamente con el pensamiento. Por ello él sostiene que, en principio, hay *muchas formas* que puede tomar la adaptación de pensamientos a hechos. "La experiencia cruda, inintencionada e instintiva nos da imágenes del mundo bastante *indeterminadas*" (Mach 1976, p.140, énfasis añadido). Los pensamientos sólo pueden darnos una *imagen* del mundo si ignoran diversos aspectos de la experiencia y reproducen sólo los que son relevantes, pero no debemos olvidar que "La multiplicidad de reacciones biológicamente importantes es mucho más pequeña que la de la realidad" (Mach 1976, p.93). Es decir, *instintivamente* reconocemos aquellos aspectos de los hechos que, de algún modo, han resultado ser biológicamente importantes, pero en principio hay muchos otros aspectos diferentes de los hechos que podríamos reconocer. Esto sugiere que *diferentes objetivos pueden llevarnos a reconocer distintos aspectos de la experiencia*. Un objetivo sin importancia biológica inmediata, por ejemplo, podría llevarnos a reconocer aspectos de la experiencia que no habíamos notado, si antes estábamos enfocados exclusivamente en objetivos biológicos.

Como vimos más arriba, Mach señala que el pensamiento permite a los seres humanos encontrar *caminos alternativos* a sus objetivos, algunos de los cuales pueden parecer menos directos a primera vista. Es decir, la inteligencia permite al ser humano reconocer que puede asegurar su supervivencia llevando a cabo actividades que no necesariamente satisfacen sus necesidades inmediatamente. Sembrar una semilla, por ejemplo, no resuelve la necesidad de alimento al instante, pero asegura una mayor fuente de alimento en el futuro. De manera que, de acuerdo con Mach, el desarrollo de la inteligencia en el ser humano le permitió a éste reconocer el *valor* de actividades que no necesariamente tienen un objetivo con importancia biológica inmediata. Reconocer el valor de esas actividades es lo que hace posible el desarrollo de la diversidad de prácticas como las que componen la cultura humana. Aunque estas prácticas no necesariamente tienen objetivos biológicos inmediatos (como el de procurar alimento), sí producen recursos que, eventualmente, sirven a dichos fines.

El desarrollo de diversas actividades hace más eficiente la adaptación del pensamiento a los hechos. La invención del lenguaje, por ejemplo, puede tener como objetivo transmitir información, pero esto, a su vez, asiste en la adaptación del pensamiento a los hechos; ya que "Las palabras son importantes centros de asociación. El desarrollo mental es considerablemente mejorado a través de la comunicación lingüística y la

transmisión de la experiencia" (Mach 1976, p.29). Además, en el caso de los *conceptos*, Mach señala que los utilizamos como medios para formular relaciones entre objetos y las *expectativas* que tenemos de ellos. "En el nivel más alto de desarrollo, los conceptos consisten en la consciencia, ligada a una palabra, de reacciones que son de esperar para la clase de objetos o hechos denotados" (Mach 1976, p.97). Es decir, los conceptos nos permiten asociar ideas con aquellos aspectos de la experiencia que consideramos relevantes para nuestros objetivos. "El propósito de los conceptos es permitirnos encontrar nuestro camino en la desconcertante maraña de hechos" (Mach 1976, p.98).

Sin embargo, como hemos visto, Mach considera que no importa cuánto mejore la adaptación del pensamiento a los hechos, no podemos abarcar todos los aspectos de la experiencia. De la misma forma, los conceptos se pueden formular de muchas maneras dependiendo de los aspectos de la experiencia que buscamos denotar y resaltar. Es decir, la manera particular en que formulamos un concepto depende de la *práctica* en la cual lo utilizamos y los propósitos de la misma. Los conceptos formulados en el curso de diferentes actividades estarán asociados con aspectos distintos de la experiencia, a saber, aquellos aspectos que son relevantes para cada práctica en cuestión.

> Tales condiciones persisten donde una clase social o profesión considera un área de la realidad que ya no mantiene ningún interés biológico inmediato. Ahí, también, hay menos reacciones importantes para los propósitos especiales que características factuales, pero aquí tenemos reacciones diferentes de las anteriores, de manera que cada clase o profesión crea una clasificación conceptual propia. (Mach 1976, p.93)

La diversidad de intereses que puede haber en las distintas prácticas humanas, de acuerdo con Mach, hace relevantes diferentes aspectos de la experiencia, de modo que formulamos conceptos al asociarlos con los aspectos que consideramos importantes. Esto implica que *hay una cierta libertad al momento de formular conceptos*, ya que, en principio, podemos formularlos de muchas maneras. "La elección de conceptos es sugerida por los hechos; aun así, viendo que esa elección es el resultado de nuestra reproducción voluntaria de hechos en el pensamiento, se deja algo de alcance libre en el asunto" (Mach 1976, p.291). En principio, podemos formular conceptos diferentes al encontrarnos con los mismos hechos, pero la manera particular en que finalmente los formulamos depende de los objetivos de las prácticas en las que usamos dichos conceptos. Como señalan los historiadores, como Daan Wegener, "Mach estableció firmemente el significado en contextos prácticos de uso" (Wegener 2021, p.59).

En consecuencia, Mach reconoce que *la conceptualización de la experiencia se puede llevar a cabo de maneras diferentes*, dependiendo de los aspectos de los hechos que sean relevantes para nosotros. Sin embargo, una consecuencia de esto es que *pueden presentarse conflictos entre diferentes maneras de conceptualizar la experiencia de los mismos hechos*. "Una experiencia sensible suele despertar varias memorias que, en parte, acuerdan y urgen hacia la acción en una dirección y, en parte, entran en conflicto y se paralizan entre sí" (Mach 1976, p.121). En estos casos los pensamientos no pueden ser guías adecuadas para las acciones en tanto no se resuelva el conflicto entre ellos. Es por esta necesidad de resolver conflictos entre pensamientos que, para Mach, la investigación no consiste sólo en *adaptar pensamientos a hechos*, sino también en *adaptar pensamientos entre sí*. "A la adaptación de pensamientos a hechos, para decirlo con más exactitud, la llamamos observación; a la mutua adaptación de pensamientos, teoría" (Mach 1976, p.120). Es decir, para Mach, la investigación científica es una continuación de la adaptación de pensamientos. "Al servicio de la vida, los pensamientos se adaptan entre sí y a los hechos y, si el proceso del pensamiento se ha hecho suficientemente fuerte, el desacuerdo entre pensamientos es en sí mismo preocupante, así que uno tratará de resolver el conflicto, aunque sea sólo para remover la incomodidad intelectual, incluso si no hay un interés biológico involucrado" (Mach 1976, p.122). La investigación científica es una actividad que tiene como objetivo resolver los conflictos entre pensamientos y adaptarlos a nuevos hechos.

Como sucede con la necesidad de resolver conflictos entre pensamiento, Mach considera que la investigación científica crea sus propios objetivos. No obstante, esto no separa completamente a la investigación científica de otras actividades, como las que componen *la experiencia cotidiana*, sino que es una *continuación* de ellas. "Las opiniones científicas emergen directamente de las populares, de las cuales ellas son, primero, inseparables, y luego gradualmente desarrollan su propio camino" (Mach 1976, p.172). Más aún, varios aspectos de la investigación científica siguen siendo una *continuación* de la necesidad biológica de adaptación. La búsqueda, en la investigación científica por la *simplicidad* y, lo que él llamaba, *economía del conocimiento* se deben a esa necesidad. "Economizar, armonizar y organizar pensamientos se siente como una necesidad biológica mucho más allá de la demanda de consistencia lógica" (Mach 1976, p.128). Es decir, gran parte de las consideraciones que tomamos en cuenta, al llevar a cabo una investigación científica, no consisten sólo en evitar la contradicción; sino también en *adaptar*

pensamientos de una manera que satisfaga otras expectativas que nos hemos habituado a buscar en otros procesos de adaptación similares.

Consecuentemente con lo anterior, Mach describe diversos aspectos de la ciencia en términos de *juicios* que nos preparan para adelantarnos a la experiencia. En el caso de las 'leyes de la naturaleza', por ejemplo: "en su origen, las 'leyes de la naturaleza' son restricciones que, bajo la guía de nuestra experiencia, prescribimos a nuestras expectaciones" (Mach 1976, p.351). Es decir, Mach describe a las l*eyes de la naturaleza* como la formulación de pensamientos que hemos establecido para saber qué esperar de los fenómenos a las que se aplican. De manera similar, el uso de *hipótesis científicas* también es parte del proceso de adaptar pensamientos a hechos. "Una suposición tentativa y provisional que no hemos podido establecer, pero que nos ayuda a entender un rango de hechos, la llamamos hipótesis" (Mach 1976, p.173). Aunque tanto las leyes como las hipótesis científicas sirven a la adaptación de pensamientos, ambas difieren en la función que Mach les atribuye en dicho proceso. El uso de las *hipótesis*, en particular, está orientado a facilitar el crecimiento de la experiencia. "La función esencial de una hipótesis es la de conducirnos a hacer nuevas observaciones y experimentos que puedan confirmar nuestra conjetura, contradecirla o modificarla, ampliando así nuestra experiencia" (Mach 1976, p.176). Al someter a *test* a las *hipótesis* ampliamos la experiencia, esto sucede porque los testeos requieren nuevos experimentos, los cuales nos dan nueva información tanto si confirman como si refutan la hipótesis en cuestión.

Pero aun la formulación de *hipótesis*, para Mach, está influida por aspectos instintivos de la mente. Es decir, él considera que formulamos hipótesis de manera, *en parte, instintiva*, ya que: "Instintivamente y por sí mismo, nuestro pensamiento completa, en sus partes o en sus consecuencias, el hecho observado" (Mach 1976, p.171). Es decir, el uso de las *hipótesis* implica que, *instintivamente*, nuestro pensamiento completa hechos tentativamente.

3.2 Mach sobre el conocimiento instintivo

Mach consideraba que su concepción de que formulamos *hipótesis* científicas mediante procesos que son (en parte) *instintivos*, rompía con la idea tradicional que se tenía de que éstas se debían formular a partir de *inducciones.*[101] Él reconocía que las *inferencias*

[101] Ya hemos visto (en especial en la sección 2.4) que Helmholtz fue uno de los que defendió dicha postura. También es importante recordar que aquí, como en otras instancias de este texto, me refiero a inducción en el sentido de inducción simple enumerativa.

inductivas (al igual que las *deductivas*) no pueden determinar por sí mismos cómo conceptualizar la experiencia.

> Por tanto, el silogismo y la inducción no crean nuevo conocimiento, sino que sólo aseguran que no haya contradicción entre varias ideas y muestran claramente cómo éstas se conectan y llaman nuestra atención sobre los diferentes lados de alguna idea particular, enseñándonos a reconocer sus diferentes formas. (Mach, 1976, p.231)

El uso de *inferencias deductivas* (silogismos) e *inductivas*, de acuerdo con Mach, son importantes para la investigación científica, pero no explican la construcción del conocimiento científico. En el siglo XIX era común referirse a la física, la química y la biología como *ciencias inductivas*. En particular Mach criticaba a filósofos como John Stuart Mill (1806-1873) o William Whewell (1794-1866) por sostener que podemos construir el conocimiento científico, a partir de la experiencia, mediante la aplicación de *inferencias inductivas.*[102] "El nombre de ciencias inductivas no es, pues, justificado; no se le puede comprender más que como referencia a una vieja tradición que todavía persiste" (Mach 1976, p.231).

La idea de que el conocimiento se genera mediante *inducción*, de acuerdo con Mach, se debe a que, al comparar el registro de diversos hechos, podemos reconocer relaciones entre ellos que previamente no habíamos notado; pero él considera que este proceso se entiende mejor como uno de *abstracción*. La *abstracción* presupone que hayamos llevado a cabo observaciones, pero hay que tener en cuenta que Mach, lejos de concebir la observación de una manera simplista y pasiva, reconoce que *al observar*

[102] Puede ser debatible hasta qué punto es justa la crítica de Mach a Mill y Whewell, pero no me detendré en este punto porque lo importante aquí es cómo Mach entiende la producción de nuevo conocimiento. Sin embargo, habría que decir que Mill y Whewell, aunque sí consideraban que las teorías se construyen mediante la aplicación de *métodos inductivos* (como en el caso de Helmholtz del capítulo anterior), ellos también llegaron a sostener algunas ideas similares a las de Mach, respecto de que la inducción enumerativa no parece suficiente para dar cuenta del conocimiento científico. Whewell consideraba que el ser humano posee 'ideas fundamentales' las cuales son innatas y le permiten organizar la experiencia sensorial; por su parte, Mill consideraba que las sensaciones provocan ideas en la mente que después asociamos entre sí. Mach llegó a defender algunos puntos similares, pero apoyándose en una metodología diferente. Mientras que Whewell y Mill se apoyaron en el uso de la *introspección*, Mach se apoyó en la *psicología experimental* que emergió en su época. Como señala la investigación de Henry Cowles "Gradualmente, en el curso del siglo XIX, esta práctica de introspección se reemplazó por un conjunto de procedimientos experimentales más asociados con los laboratorios de las investigaciones universitarias en Alemania" (Cowles 2020, p.56). Pero, además, considero que lo que distingue a Mach de aquellos autores (y que distingue las reflexiones de los físicos de finales del siglo XIX de las reflexiones de los autores de mediados de dicho siglo) es que el testeo recae en las *consecuencias* de las hipótesis, más que en la certeza de los *principios*. Es decir, para Mach podemos tener 'ideas fundamentales innatas' o 'asociar ideas que formamos a partir de sensaciones', pero ninguna de los dos procesos funciona como *justificación*. De hecho, Mach insistirá en la necesidad de revisar constantemente las teorías, ideas y supuestos al someter a test más y más de sus consecuencias en nuevos ámbitos de investigación.

seleccionamos activamente diferentes aspectos de las sensaciones que percibimos. En este proceso intervienen hábitos instintivos, por lo que él concluye que "La base de todo conocimiento es pues la *intuición*..." (Mach 1976, p.233, énfasis añadido).[103] Es por medio de la *intuición* que procesamos las sensaciones y reaccionamos a ellas.[104]

> Sin ninguna duda, después de las diversas sensaciones es la intuición quien primeramente pone en movimiento las representaciones y las acciones, mientras que el pensamiento abstracto está todavía muy retardado. Orgánicamente, la intuición es más antigua y más sólidamente establecida que el pensamiento abstracto…Cuando esto es posible, siempre es ventajoso sostener por la intuición el pensamiento abstracto. Se apuntalan así las nuevas adquisiciones del individuo por las adquisiciones ya experimentadas de la especie. (Mach 1976, p.109)

Con este último comentario, respecto de que "las adquisiciones del individuo se apuntalan por las ya experimentadas de la especie", Mach se refiere a que la *intuición* es resultado de la evolución humana, mientras que el pensamiento *abstracto* es una continuación de ella. La *intuición* de la que habla Mach está formada por *hábitos instintivos* exitosos en lo que se refiere a cumplir necesidades biológicas. Como dice Feyerabend (1984), el *conocimiento instintivo* es, para Mach, el punto de partida de la actividad científica. "Se debe admitir que 'los experimentos cuidadosamente conducidos proveen muchos detalles' pero que 'el apoyo más seguro' para la ciencia 'emerge de su relación con experiencias crudas' contenidas en principios instintivos" (Feyerabend, 1984, p.18). El *conocimiento instintivo* puede guiar la investigación, al menos, en sus inicios. "La experiencia adquirida en el fomento de necesidades biológicas hace la tarea mucho más fácil porque nos da una imagen tentativa de las relaciones más fuertes de dependencia e independencia [de elementos o condiciones de un fenómeno], que debe, sin embargo, ser considerablemente corregida para los nuevos propósitos de la ciencia" (Mach 1976, p.149). El *conocimiento instintivo* sirve

[103] El concepto de *intuición* es ambiguo, pero Mach (1976, p.108) lo describe en términos de nuestra capacidad para ordenar sensaciones espaciotemporales. Como veremos, Mach describe dice que este ordenamiento de sensaciones es un proceso mayormente *instintivo*. En la sección 7.3 señalaré que Duhem entendía el *bon sens* como una forma de *intuición* y que varios lógicos de la época discutían la importancia de este concepto entendido en su uso coloquial, como la formulación de un juicio del que no somos completamente conscientes de cómo se origina.

[104] Es interesante notar que, como vimos en el capítulo 1, Duhem utiliza el concepto "*bon sens*", que algunos investigadores han entendido como una forma de intuición, para describir cómo los científicos escogen entre hipótesis.

como un primer criterio, al llevar a cabo investigaciones científicas, para reconocer qué aspectos de los fenómenos pueden ser relevantes o cuales pueden estar relacionados.[105]

Más aún, Mach consideraba que el uso del *conocimiento instintivo* también podía guiar la manera en que escogemos entre maneras alternativas de conceptualizar la experiencia al llevar a cabo una investigación científica. En el caso de la geometría, por ejemplo, podemos reconocer que los axiomas de la geometría euclidiana representan una manera en la que podemos llevar a cabo la conceptualización de nuestra experiencia del espacio, pero Mach señala que no es la única. Prueba de ello es el surgimiento de las *geometrías no euclidianas* durante el siglo XIX (como vimos en la sección 2.2).

> *Diferentes ideas pueden expresar los hechos con la misma exactitud* en el dominio accesible a la observación. Los hechos deben, por tanto, ser distinguidos cuidadosamente de los constructos intelectuales cuya formación ellos sugieren. Los últimos –los conceptos– deben ser consistentes con la observación, y adicionalmente deben concordar lógicamente unos con otros. *Estos dos requerimientos pueden cumplirse en más de una manera*, y de ahí los diferentes sistemas de geometría. (Mach 1976, p.321, énfasis añadido)

Para Mach, los sistemas de geometrías son resultado de idealizaciones a partir de la experiencia y es debido a que dicha idealización se puede hacer de diferentes maneras que podemos terminar con sistemas diferentes de geometría. Pero, además, *la misma conclusión se puede señalar de otras áreas de la ciencia, como las teorías y leyes de la física*, ya que, también son resultado de cómo conceptualizamos e idealizamos la experiencia.

> Nuestros conceptos geométricos, por lo tanto, contienen elementos adicionales que no son intrínsecos al espacio; ellos representan al espacio con una cierta latitud y arbitrariedad, además de con mayor precisión que la que la observación espacial podría realizar. Este contacto imperfecto entre hecho y concepto explica la posibilidad de diferentes sistemas de geometría. Exactamente lo mismo puede decirse de la física. (Mach 1976, p.326)

---

[105] En su libro *Desarrollo Histórico Crítico de la Mecánica* Mach aporta varios ejemplos concretos del uso del *conocimiento instintivo* en la investigación científica. Mach describe, por ejemplo, una prueba de un principio de equilibrio que atribuye a Arquímedes, la cual parte de dos hipótesis: 1) pesos iguales entre sí que actúan a una misma distancia de un punto de apoyo están en equilibrio y 2) pesos iguales que actúan a distancias desiguales no están en equilibrio. Mach señala que la formulación de estas dos hipótesis que Arquímedes da por evidentes requirió, en realidad, una considerable cantidad de *conocimiento instintivo*. "...en las hipótesis están incluidas un gran número de experiencias instintivas, involuntarias, negativas y positivas, por ejemplo, que el diferente color de los brazos de la palanca, la posición del espectador…no tienen influencia alguna; positivas, en cambio…que no sólo los pesos, sino también las distancias al punto de apoyo son los factores que determinan la ruptura del equilibrio…" (Mach 1949, p.21).

Con todo, Mach consideraba que, en el caso de la geometría euclidiana, ésta se apoyaba en la *intuición*, por lo que no había razón para abandonar la geometría euclidiana en favor de algún otro sistema de geometría.[106] *Aun en el caso de que encontráramos un fenómeno que nos motivara a dudar de la geometría euclidiana, podríamos preferir modificar nuestro entendimiento de la física que el de la geometría.*[107] "Por tanto, si cualquier hecho sucede que haga necesario modificar nuestros conceptos, el físico preferirá sacrificar los conceptos menos perfectos de la física antes que los conceptos más simples, más perfectos y más duraderos de la geometría, que forman los fundamentos sólidos de todas las teorías" (Mach 1976, p.324).[108] El proceso por el cual nuestra *intuición* del espacio y la experiencia nos llevaron a la geometría euclidiana tiene, para Mach, un apoyo que no tienen otros sistemas de geometría. De manera que, aunque uno puede representar hechos con diferentes geometrías, la euclidiana es la que preferimos debido a su apoyo en la *intuición*.[109]

En otras palabras, Mach consideraba que, tanto en geometría como en física, podemos apoyarnos en la *intuición* y el *conocimiento instintivo* para *escoger* la manera más adecuada de conceptualizar la experiencia. Esto no significa, sin embargo, que Mach considerara que el *conocimiento instintivo* fuera útil en todos los casos. La utilidad del *conocimiento instintivo* se debe a que se formó a partir de hábitos exitosos en solventar necesidades biológicas; pero Mach reconocía que podía no ser adecuado en otros contextos. El *conocimiento instintivo* puede servir de apoyo para la investigación, pero no debía aceptarse de manera dogmática, sino sólo tentativamente y sometiéndolo continuamente a test.

Como señala Thomas Uebel, para Mach, "El *juicio práctico* viene primero... Lo que importaba era, finalmente, cómo un organismo estaba preparado para nuevas

---

[106] Mach escribía esto antes de que Albert Einstein utilizara exitosamente las geometrías no euclidianas en la *relatividad general*, por lo que estaba en lo correcto en el momento en que escribió *Conocimiento y error*.

[107] También, como veremos en la sección 4.1, Poincaré señalará la posibilidad de modificar la física para conservar la geometría euclidiana en caso de que se presentara un fenómeno que nos hiciera dudar de ella. En este argumento subyace la idea de que atribuir al espacio características de un sistema de geometría particular sólo tiene consecuencias empíricas en *conjunto* con leyes, teorías y procesos de medición de la física. Duhem fue quien articuló con más claridad esta naturaleza holística de la ciencia al señalar que los enunciados individualmente no tienen consecuencias empíricas, tales consecuencias sólo pueden deducirse a partir de conjuntos de enunciados.

[108] Mach aquí parece reconocer una forma de holismo similar a la que reconoce Duhem y que analizaré en el capítulo 6 y que también recuerda a los comentarios de Poincaré que veremos en la sección 4.1.

[109] Aun entre matemáticos de la época había quienes valoraban la importancia de los aspectos *intuitivos* de la matemática, a pesar del alto grado de abstracción que éstas habían alcanzado para entonces. Por ejemplo, "[Felix] Klein enfatizaba trabajar directamente con grupos y acciones de grupos, así como *la adquisición de algo como lo que Mach llama 'conocimiento instintivo'*" (Patton 2021, p.156, énfasis añadido).

experiencias… Y para hacer eso, el juicio también crea expectaciones" (Uebel 2021, p.99, énfasis añadido). Las relaciones que expresamos en los *juicios* nos permiten realizar inferencias para tomar acciones en circunstancias específicas. Mach llama a los juicios que cumplen esa función de guiar las acciones, anticipando correctamente la experiencia, *conocimiento* y a los que no los llama *errores*. Pero, debido a que las circunstancias de vida cambian constantemente, aun los *juicios* que han sido exitosos antes deben revisarse continuamente, incluso los del *conocimiento instintivo*. De la misma forma, los resultados de la investigación científica que son aceptados en una época pueden considerarse erróneos en otra. De acuerdo con Mach, sólo podemos determinar qué tan adecuados son los *juicios* que hacemos en la investigación científica considerando las dificultades históricas específicas que buscaban resolver.[110] "Más que buscar por estándares atemporales, Mach nos aconsejó consultar la historia contingente de nuestros propios proyectos y buscar su medida de éxito y fracaso en lo que nosotros mismos podemos discernir" (Uebel 2021, p.89).

3.3 Mach y las hipótesis del atomismo

Mach consideraba que la *intuición* y el *conocimiento instintivo* pueden ser útiles a la investigación científica, en particular para *elegir* entre diferentes maneras de conceptualizar la experiencia. Dicha idea puede interpretarse como una restricción excesiva para la ciencia. De hecho, Mach es conocido por rechazar la existencia de los átomos, lo que podría atribuirse a una posible aversión a entidades que no podemos reconocer *intuitivamente*. Sin embargo, tal conclusión sólo se obtiene con una lectura superficial de la obra de Mach. Una lectura más cuidadosa muestra que los motivos del rechazo de Mach al atomismo no son tan simples. Revisar esos motivos puede darnos una idea más clara de cómo él entiende la función del *conocimiento instintivo* en la elección y *testeo de hipótesis*.

Hay que considerar que, aunque las *hipótesis atomistas* se habían discutido en física por más de un siglo antes de Mach, éstas nunca habían conseguido generar consenso a su favor. Aun en la química del siglo XIX, la interpretación de John Dalton (1766-1844) de la ley de las proporciones constantes *no* implicaba necesariamente la aceptación del atomismo. De hecho, Duhem (1892/2000 y 1902/2002) argumentó en contra de la noción

[110] Varías tesis filosóficas de Mach sobre la ciencia estaban apoyadas por su investigación en la historia de la ciencia. En particular, Luca Guzzandi (2021) muestra la relación entre el principio de economía del pensamiento de Mach y este interés por la historia.

de que el átomo como necesaria para la química de la época y propuso una manera de interpretar las fórmulas químicas de manera independiente de suposiciones atomistas.[111] En otras palabras, no era claro que, hacia finales del siglo XIX, hubiera teorías exitosas que dependieran de suposiciones atomistas. En general, *el rechazo de Mach al atomismo estaba más relacionado con sus dudas respecto de su utilidad para la ciencia que con un prejuicio contra entidades inobservables*.[112] Como vimos, Mach consideraba que la guía de la intuición y el conocimiento instintivo debe tomarse sólo como tentativa. Él aceptaba que, en algunos casos, las hipótesis científicas debían postular algo más allá de lo que podemos observar directamente e, incluso, critica a John Stuart Mill por sostener que las hipótesis deben dar explicaciones sólo mediante causas ya conocidas: "uno no puede seguir los principios de Mill sin contradecirse constantemente" (Mach 1976, p.176).

Con todo, y como enfatiza Larry Laudan (1981c), Mach sí distinguía teorías que consisten en *descripciones directas*, o que contenía sólo términos que refieren a lo observable, y teorías que contenían *descripciones indirectas*, o con inobservables. Entre éstas, Mach claramente da prioridad a las que contienen sólo *descripciones directas*. "Su programa, más aún, preveía el reemplazo gradual de las teorías descriptivas indirectas por las descriptivas directas" (Laudan, 1981c, p.209). Mach consideraba que las hipótesis que postulan entidades inobservables debían llevar a nuevas observaciones y descubrimientos, lo que a su vez nos llevaría a modificarlas. Esto sucedería porque Mach consideraba que es improbable que una hipótesis, tal y como es formulada por primera vez, sea completamente consistente con todos los hechos que predice. Por ello es inevitable que la hipótesis en cuestión tenga que ser, al menos, retocada o modificada eventualmente. Así, en el curso de la investigación, *las hipótesis se van alterando* e, incluso, pueden llegar a ser abandonadas; pero Mach esperaba que las hipótesis exitosas *se irían acercando cada vez más a descripciones directas*. "Así, en su función autodestructiva, una hipótesis conduce finalmente a la expresión conceptual de los hechos" (Mach 1976, p.181). En otras palabras, Mach aceptaba las hipótesis que postulan entidades inobservables siempre que

[111] Una explicación sucinta de los argumentos de Duhem a este respecto se encuentra en Needham (2008).

[112] Esas dudas no eran sólo de Mach. Incluso Hertz que era más optimista sobre el atomismo, reconoció que: "la forma de los átomos, sus conexiones, su movimiento en la mayoría de los casos, todas estas cosas están completamente ocultas para nosotros…Así que, aunque nuestra concepción de átomos es en sí misma un objeto de estudio importante e interesante para la investigación futura, de *ninguna manera es especialmente adecuada* para que sirvan como un fundamento conocido y seguro para las teorías matemáticas" (Hertz 1899, p.18, énfasis añadido). La idea que parece subyacer es que hay hipótesis que son guías útiles en la investigación (*hipótesis de trabajo*) e hipótesis que, en un momento específico pueden no serlo. Hertz consideraba que, para su trabajo, las hipótesis atomistas no eran útiles aún.

tuvieran un valor heurístico y esperaba que éstas fueran abandonadas o modificadas una vez que perdieran dicho valor, es decir, cuando ya no produjeran nuevos descubrimientos. Como señala Laudan (1981c), la oposición de Mach a las hipótesis del atomismo se puede entender como consecuencia de que él consideraba que éstas habían perdido su valor heurístico y, por tanto, debía eliminarse para no obstaculizar la investigación.[113]

Una manera de entender la conclusión de Mach sobre la falta de valor heurístico del atomismo es considerar la investigación reciente de Mark Wilson (2017 y 2021) al respecto. Wilson ha señalado que, en la época, parte del atractivo de las hipótesis atomistas era que éstas ofrecían un camino plausible para unificar diferentes áreas de la física reduciendo sus leyes a las de la mecánica.[114] Así como, desde el siglo XVIII, Daniel Bernoulli había mostrado que la temperatura y la presión de un gas podía explicarse en términos del movimiento de moléculas o átomos, así también se esperaba que otros fenómenos pudieran explicarse como emergiendo de procesos atómicos puramente mecánicos.[115] Sin embargo, Wilson (2017) señala que, a finales del siglo XIX, el proyecto reduccionista de la mecánica constituía una respuesta inadecuada para los problemas técnicos que los físicos de entonces enfrentaban. En particular, Wilson señala que el atomismo había resultado inadecuado para el estudio de la *mecánica de medios continuos.* "...obstáculos matemáticos formidables se interpusieron en el camino de un desarrollo coherente de la física de continuos que los practicantes del siglo XIX tardío esperaban ver, pero no habían desarrollado aún las herramientas matemáticas para hacerlo" (Wilson 2021, p.55).[116] De acuerdo con Wilson, en ausencia de herramientas matemáticas adecuadas, los

[113] Hay que reconocer, sin embargo, que algunos expertos consideran que el rechazo de Mach al atomismo pudo haber sido más fuerte de lo que Laudan señala. Preston (2008, p.98, nota 13), por ejemplo, comenta que Laudan menosprecia las quejas de Mach al atomismo.

[114] Como también señala Laudan: "De hecho, Mach pensaba que gran parte del atractivo de tales doctrinas, para muchos teóricos, era precisamente que estaban inexorablemente ligadas a un programa para reducir toda la ciencia a la mecánica y todas las, así llamadas, cualidades primarias. En este nivel de argumentación, Mach no está atacando a las teorías atómicas/moleculares porque postulen entidades inobservables sino, más bien, porque tales teorías están inextricablemente ligadas con lo que Mach ve como un programa de investigación anticuado y defectuoso para reducir toda la naturaleza a la mecánica" (Laudan 1981c, p.214).

[115] Hay que mencionar que este proyecto de reducir todas las áreas de la física a la mecánica clásica, mediante hipótesis atomistas, *nunca logró completarse*, lo que podría argumentarse que reivindica las sospechas de Mach. Aunque hoy en día sí se explican muchos fenómenos físicos a partir de hipótesis atomistas, los procesos en cuestión *no son reducibles* a las leyes y conceptos de la mecánica *clásica*. De hecho, el éxito en el estudio de los átomos durante el siglo XX sólo fue posible gracias al desarrollo de una mecánica distinta a la clásica, tanto en leyes como en conceptos fundamentales, a la que llamamos *mecánica cuántica*.

[116] Ya hemos visto, en el capítulo anterior, que Hertz reconoció está dificultad al tratar de estudiar al éter mecánico que supuestamente transmitía las ondas electromagnéticas, lo que lo llevó a tratar de reconstruir los principios de la mecánica de su época.

físicos recurrieron a dos estrategías; una partía de supuestos sobre átomos y moléculas y otra de supuestos macroscópicos.

> Antes, en el siglo XIX, surgió una controversia significativa con respecto a la metodología adecuada para discutir materiales continuos: ¿deberían abordarse a la manera de Charles Navier desde las moléculas? o ¿a través del razonamiento desde la escala macroscópica hacia abajo, a la manera de Cauchy, Green y Stokes? Estos enfoques no son empíricamente equivalentes y el enfoque de arriba hacia abajo eventualmente ganó en términos experimentales. (Wilson 2017, p.195)

Ninguna de las dos estrategias era completamente satisfactoria, pero varios físicos de la época consideraban que la que partía de suposiciones atomistas era más problemática.[117]

Hay que considerar que gran parte del éxito previo de la mecánica clásica se había dado en áreas, como la astronomía, en que se puede asumir que los objetos que se estudian son, o están formados por, masas puntuales. Pero esto no es adecuado, por ejemplo, en el estudio de estructuras sólidas (como vigas, puentes o edificios) sometidos a tensión, fuerzas cortantes, torsiones, etc. Los fenómenos mecánicos relevantes en estos estudios muchas veces no tenían descripciones matemáticas adecuadas en la época, pero aún hoy consideramos que *tampoco pueden estudiarse útilmente partiendo de suposiciones sobre el comportamiento de los átomos y moléculas* que conforman los materiales en cuestión.[118] Wilson señala que, aunque se hicieron importantes avances en el siglo XIX en el estudio de la mecánica de medios continuos, una teoría satisfactoria no emergió sino hasta la

[117] Duhem, por ejemplo, enfatizó las deficiencias de las teorías mecánicas reduccionistas que se basaban en hipótesis atomistas en la primera parte de su libro de 1903 *L'évolution de la mécanique*. Profundizaré sobre estos métodos de investigación y la posición de Duhem al respecto en la sección 6.4.

[118] En particular, Wilson (2017, p.11-12) señala un ejemplo en el que se considera una barra de acero que sirve como la vía de una locomotora. El peso de la locomotora provoca el movimiento de dislocaciones microscópicas en la estructura de la barra; dicho movimiento disipa la energía sin que ello tenga efectos relevantes en los enlaces moleculares. Es decir, a escala molecular, no ha cambiado prácticamente nada cuando la locomotora ha pasado sobre la barra. Sin embargo, a una escala intermedia entre la molecular y la escala macroscópica, el movimiento de dislocaciones explica cómo se distribuye la energía en el interior de la barra. Eventualmente, las dislocaciones se acumulan hasta que los enlaces dejan de estar protegidos y la barra se puede romper. La manera en que eventualmente cambia la respuesta de la barra al peso se conoce como un efecto de '*histéresis*'. "Históricamente, la histéresis resultó ser un gran desafío para los modeladores debido a estos niveles interactivos de estructura RVE [elementos de volumen representativos] compleja" (Wilson 2017, p.12). Lo importante aquí es que Mach (y Duhem) tenían motivos genuinos para dudar del proyecto de reducir la ciencia a un sistema fundamentado sólo en hipótesis atomistas, ya que aún hoy en día hay fenómenos mecánicos, como los de histéresis, que difícilmente pueden explicarse partiendo sólo de dichas hipótesis. Gran parte de los libros de Wilson (2017 y 2021) se dedican a enfatizar los éxitos de esquemas científicos que recurren a la interacción de varios modelos, cada uno representando fenómenos a escalas distintas. De acuerdo con Wilson, tales esquemas han probado ser más exitosos que los intentos de representar fenómenos mecánicos complejos a partir de modelos que sólo consideran una única escala, ya sea molecular o macroscópica.

década de 1950, gracias mayormente al trabajo de Clifford Truesdell (1919-2000) y Walter Noll (1925-2017).

La investigación de Wilson ha mostrado, entre otras cosas, que la gravedad de las dificultades técnicas que enfrentaba el atomismo a finales del siglo XIX no siempre se ha reconocido suficientemente en filosofía de la ciencia. De hecho, Wilson (2021, p.42) señala que se ha vuelto común entre filósofos de la ciencia asumir una imagen excesivamente *simplista* de la mecánica clásica de dicha época. Él considera que esa imagen se debe, en parte, a que los descubrimientos de inicios del siglo XX (como la relatividad o la mecánica cuántica) desviaron abruptamente la atención de los físicos. En consecuencia se suele olvidar que *la mecánica clásica de finales del siglo XIX enfrentaba importantes dificultades*, al punto que varios investigadores de entonces buscaron llevar a cabo profundas revisiones de los fundamentos de la mecánica.[119] Tener en mente esta situación también ayuda a entender, por ejemplo, el interés de Mach (y Duhem) en la historia de la mecánica, el cual Wilson (2017, p.152-153) también atribuye a la preocupación que compartían los autores de la época por remediar la situación de la mecánica clásica.[120]

Considero que con este contexto es más fácil entender el escepticismo de Mach hacia un programa que buscaba postular átomos como medio para reducir diversas áreas de la física a la mecánica. Para él, la insistencia de otros físicos en dicho programa era consecuencia de la familiaridad que se tenía con los conceptos de la mecánica. "Lo que, en opinión de Mach, hacía al programa de investigación mecanicista tan atractivo era la 'idea equivocada' de que los procesos mecánicos son más comprensibles, más inteligibles, más claros que los no mecánicos…él mantenía que la mayoría de los partidarios de la reducción mecanicista confundía inteligibilidad con mera familiaridad" (Laudan 1981c, p.216). En comparación con las teorías electromagnéticas o termodinámicas, la mecánica había sido

[119] En el capítulo 2 vimos uno de estos proyectos de revisar los principios de la mecánica, a saber, el de Hertz; pero es importante tener en cuenta que hubo muchos proyectos de este tipo hacia finales del siglo XIX. Jasper Lützen (2005, p.27-29) da un panorama de los numerosos estudios de dicha época en mecánica.

[120] De hecho, en la época hubo varios investigadores que reconocieron la necesidad de revisar la historia de la mecánica, posiblemente debido a la situación en que ésta se encontraba entonces. El historiador Jasper Lützen (2005, p.28) señala que había enciclopedias en la época que citaban cerca de 33 trabajos históricos sobre la mecánica. En general, Lützen comparte las conclusiones de Wilson sobre la mecánica de finales del siglo XIX, ya que también considera que la revolución que tendría lugar en la física, durante las primeras décadas del siglo XX, nos ha hecho ignorar la mecánica clásica de fines del siglo XIX y asumir que era un campo de estudio bien acabado y entendido. "Sin embargo, para el físico y el matemático del siglo XIX tardío, que no sabía de los grandes cambios por venir, la mecánica aún era un área importante y activa de investigación. El desarrollo que había tomado lugar desde tiempos de Newton había sido mucho más innovador de lo que el término 'ciencia normal' puede sugerir…Más aún, hubo una discusión continua acerca del significado, naturaleza y fundamento de los principios de la mecánica y los conceptos que entren en ellos" (Lützen 2005, p.8).

estudiada desde mucho antes. Podríamos decir que, para Mach, la familiaridad de los físicos de la época con la mecánica había creado un prejuicio que los disponía en favor de un programa reduccionista; a pesar de que había motivos para esperar que la mecánica clásica tuviera que ser profundamente revisada.[121] *No había motivo para esperar el éxito de tal programa reduccionista más allá del hecho de que algunos aspectos de la mecánica se consideraban más intuitivo*s.

No obstante, puede parecer incoherente la conclusión de que el apoyo de la mecánica en la *intuición* no fuera suficiente para apoyar el programa reduccionista, cuando en la sección anterior vimos que Mach apoya la elección de la geometría euclidiana justamente por su cercanía a la *intuición*. Es decir, cuando se trata de la mecánica, la *intuición* y el *conocimiento instintivo* parecen ser un motivo de error, mientras que vimos que, al elegir un sistema de geometría, esos recursos eran sustento convincente. Mach incluso señalaba que, aunque encontráramos un fenómeno que nos hiciera dudar de la geometría euclidiana, "el físico preferirá sacrificar los conceptos menos perfectos de la física antes que los conceptos más simples, más perfectos y más duraderos de la geometría, que forman los fundamentos sólidos de todas las teorías" (Mach 1976, p.324). En otras palabras, pareciera haber una inconsistencia acerca de si la investigación científica debe apoyarse en la *intuición* o no. Sin embargo, hay que recordar que Mach considera que la guía de la *intuición* y el *conocimiento instintivo* sólo debe aceptarse *tentativamente* y que se puede someter a revisión.

La constante queja de Mach contra la metafísica, por ejemplo, consiste justamente en rechazar la actitud dogmática que supone aceptar al *conocimiento instintivo* como definitivo. Thomas Uebel (2021) enfatiza que, para Mach, el papel que la ciencia cumple en la ilustración es liberar a las personas de viejos dogmas metafísicos. "La metafísica, para él [Mach], era lo que hemos puesto más allá del alcance de la experiencia, de hecho, más aún, lo que no podemos recordar haber aprendido" (Uebel 2021, p.88). El *conocimiento instintivo* puede contener suposiciones que no son adecuadas para todos los casos de investigación, por lo que debemos estar dispuestos a revisarlo. Wilson también hace énfasis en la importancia que Mach le atribuía a la *revisión constante* del *conocimiento instintivo*. "Si somos metodológicamente ingenuos, supondremos que estas reglas psicológicamente

[121] Wilson (2017, p.154-155) incluso señala que la mecánica clásica no constituía un sistema completamente cerrado, ya que, en el estudio de algunos fenómenos (como la formación de una onda de choque) las teorías mecánicas se veían en la necesidad de invocar conceptos *térmicos* (los cuales se suponía que debían fundamentar).

arraigadas gozan el estatus a priori privilegiado que Mach identifica con el 'pensamiento metafísico'" (Wilson 2017, p.149).

Sin embargo, es claro que Mach tampoco tiene una concepción puramente negativa del *conocimiento instintivo*. Como señalan otros autores, "para Mach, las leyes de la naturaleza y otros métodos científicos 'económicos' reemplazan el 'conocimiento instintivo' pre-teórico. Pero los métodos y principios científicos emergen del conocimiento instintivo" (Patton 2021, p.146-147). En otras palabras, el *conocimiento instintivo*, para Mach, servía como un medio tentativo para resolver cuestiones en las que, por el momento, no hay otros elementos de decisión claros. En el caso de la geometría, por ejemplo, Mach consideraba que no había otros elementos de decisión (lo puede ser cierto, al menos, antes de la relatividad general), pero en el caso del proyecto reduccionista de la mecánica sí había consideraciones relevantes (como las deficiencias que los físicos de la época reconocían en la mecánica clásica o el escaso éxito que las hipótesis atomistas habían mostrado hasta finales del siglo XIX).

En general, la manera en que Mach concibe la investigación científica, como adaptación, respondía al contexto científico de la época. Prueba de ello es que, como veremos, otros científicos de la época adoptaron muchas de las concepciones de Mach, a pesar de que algunos de ellos diferían en puntos específicos. Como señala Laudan, "Mach estaba expresando no solo sus propias inquietudes, sino las de toda una generación de físicos y filósofos que estaban profundamente preocupados por las credenciales metodológicas de algunas de las teorías más ampliamente utilizadas en ese momento" (Laudan, 1981c, p.221). La respuesta a ese tipo de preocupaciones implicaba evaluar el papel de la *intuición* o *conocimiento instintivo* en la investigación científica, específicamente, en la elección y *testeo de hipótesis*.

3.4 Ludwig Boltzmann: El éxito práctico como prueba lógica

Ludwig Boltzmann fue uno de los físicos de finales del siglo XIX que recibió positivamente gran parte de las ideas de Mach sobre la investigación científica. Sin embargo, Boltzmann difería con Mach respecto del atomismo, lo cual lo llevó a articular su propia concepción del proceso de investigación en física. Boltzmann es conocido principalmente por sus aportaciones a la *teoría cinética de gases*, la cual depende de manera crucial de hipótesis atomistas. Como hemos visto, el uso de este tipo de hipótesis en física había sido controversial durante siglos y lo siguió siendo hasta, aproximadamente, la primera década

del siglo XX.[122] Pero esto no significa que, en la época de Boltzmann, la oposición al atomismo pareciera disminuir, sino al contrario. Como señalan los historiadores "al final de la vida de Boltzmann el ataque contra el atomismo, al menos en la Europa central, creció preponderantemente" (De Groot 1974, p.XII).[123] De manera que Boltzmann reflexionó sobre la naturaleza, uso y *testeo de hipótesis* en la física con el fin de hacer clara la pertinencia del atomismo.

Como vimos en el caso de Mach, las preocupaciones respecto del atomismo tenían una importancia particular, para la concepción que se tenía de la metodología científica. Dado que los átomos se consideraban directamente inaccesibles a los sentidos, aun en principio, se consideraba cuestionable especular sobre ellos. Por ejemplo, hemos visto que Mach sostenía que las hipótesis sobre átomos debían ser reemplazadas, eventualmente, por dicho motivo. Pero, además, parte de la oposición a las hipótesis atomistas también se debía a que, hacia finales del siglo XIX, los físicos reconocían que diferentes hipótesis de este tipo podrían explicar los mismos hechos experimentales. Algunos historiadores, como Nadine de Courtenay, señalan que: "Esta subdeterminación de teorías por experimento motivaron a muchos científicos a desconfiar de cualquier intento de revelar las causas subyacentes de los fenómenos…" (Courtenay, 2010, p.41). Es decir, que un conjunto de hipótesis explique exitosamente ciertos hechos no se consideraba evidencia suficiente en favor de dichas hipótesis, ya que se reconocía que, en principio, pueden encontrarse otras hipótesis diferentes que expliquen los mismos hechos.[124] En general, se pensaba que las

---

[122] Como dice Alan Chalmers (2019), los experimentos que Jean Perrin (1870-1942) llevó a cabo sobre el movimiento browniano a partir de 1908 (dos años después de la muerte de Boltzmann) se suelen señalar como el factor que cambió la actitud de la comunidad científica y que generó una amplia aceptación del atomismo. Sin embargo, aun después de esos experimentos hubo físicos que siguieron resistiéndose a aceptar el atomismo, como en el caso de Duhem.

[123] El atomismo de la época enfrentaba críticas tanto metodológicas como técnicas. En esta sección, analizaré algunas de las respuestas de Boltzmann a las críticas filosóficas. Desde el punto de vista técnico, además de lo comentado en la sección anterior, vale la pena mencionar que la teoría atomista que defendía Boltzmann, la *teoría cinética de gases* también enfrentaba importantes críticas particulares. De acuerdo con Chalmers (2019), un problema era que la *teoría cinética* no coincidía con los datos experimentales para la relación de los dos calores específicos de un gas (el que se mide a presión constante y el que se mide a volumen constante). Otro problema era que la teoría en cuestión interpretaba a la segunda ley de la termodinámica como estadística, algo que era difícil de probar y que muchos, como Duhem, consideraban dudoso. Peter Clark (1976) incluso sostiene que "...la historia de lo que hoy llamamos teoría cinética debe ser evaluada como el desarrollo de un poderoso programa de investigación que, después de algunos notables éxitos tempranos, en la última década del siglo XIX, era *degenerativo*" (Clark 1976, p.43, énfasis en el original).

[124] Hoy en día este tipo de argumentos se suelen discutir en filosofía de la ciencia como parte de los debates sobre la *subdeterminación de teorías científicas por la evidencia*. Como señala Kyle Stanford (2006, p.11), una respuesta típica suele consistir en señalar la falta de ejemplos concretos 'serios' en los que varias hipótesis o teorías científicas son consistentes con los mismos hechos o resultados experimentales. Aquí el adjetivo 'serios' se suele incluir para descartar casos artificiales como podrían ser algunos de los ejemplos

hipótesis que postulaban sólo entidades y procesos *observables* poseían una credibilidad que era difícil atribuir a las que postulaban *inobservables* (como los átomos).

Sin embargo, Boltzmann encontró apoyo e inspiración para su defensa de las hipótesis atomistas en el exitoso trabajo de James Clerk Maxwell. El historiador Carlo Cercignani ha señalado que el trabajo de Maxwell fue una de las principales inspiraciones para Boltzmann en sus reflexiones sobre filosofía de la ciencia. "Sus contribuciones a esta rama del conocimiento ciertamente muestran la influencia de Maxwell y del cambio de actitud hacia la ciencia en general, y los fundamentos de la mecánica en particular, que tuvieron lugar en Alemania en la segunda mitad del siglo XIX" (Cercignani 1998, p.184). Lo que aquí enfatiza Cercignani es que Boltzmann atribuía a Maxwell un importante *cambio metodológico* respecto de cómo concebir a las teorías científicas. Ese cambio de concepción consistió en abandonar la idea de que las teorías debían revelar la *verdadera* naturaleza de los fenómenos.

> Mientras que fueron, quizá, menos los creadores de la vieja física clásica, que sus representantes posteriores, los que pretendían por su medio haber reconocido la verdadera naturaleza de las cosas, Maxwell quería que su teoría fuera vista como una mera imagen de la naturaleza, una analogía mecánica como él lo puso, que al momento presente permite dar la explicación más uniforme y comprehensiva de la totalidad de los fenómenos...A través de sus éxitos prácticos, rápidamente ayudó a que estas ideas teóricas triunfarán. (Boltzmann, 1974, p.83).[125]

---

que Andre Kukla (1996, p.138) retoma de Van Frassen en los que se afirma: "dada una teoría T, se puede generar una teoría rival T' que sostiene que las consecuencias de T son verdaderas, aunque T es falsa". Stanford (2006, p.12-13) señala que tales escenarios se pueden aplicar igualmente a todas las afirmaciones de conocimiento, por lo que no constituyen un problema especial de la ciencia. Si la *subdeterminación* sólo es un recordatorio del conocido demonio cartesiano, entonces carece de relevancia para entender las particularidades del conocimiento científico. Con todo, sí se han propuesto algunos casos concretos tomados de la historia de la ciencia (como el de la relatividad especial de Einstein y la teoría del éter de Lorentz), pero no parece haber consenso respecto de hasta qué punto éstos representan casos genuinos de *subdeterminación*; en parte, esto se debe a que, como vimos al final de la sección 1.1, diferentes autores tienen distintas concepciones respecto de en qué consiste la *subdeterminación* de teorías científicas por la evidencia.

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que, hacia finales del siglo XIX, había quienes pensaban que el uso de hipótesis atomistas generaba casos genuinos de lo que hoy llamaríamos *subdeterminación* de teorías científicas. Por ejemplo, y de acuerdo con Wilson (2017, p.196-200), Duhem consideraba haber identificado diferentes maneras teóricas, alternativas, de explicar los mismos fenómenos físicos; cada una de esas maneras de explicar los fenómenos depende de cómo uno caracteriza las pequeñas partículas, o elementos de volumen, que componen a los cuerpos que se estudia. Uno puede caracterizar esas partículas de manera puramente mecánica o considerando, también, otras suposiciones para evitar el mecanicismo atomista. Al menos, así es como Wilson interpreta los argumentos que Duhem presenta en su libro de 1903 *L'évolution de la mécanique* cuando discute diferentes aproximaciones a la mecánica. Regresaré a este punto en la sección 6.4.

[125] La idea de las teorías como *imágenes* teóricas ya la hemos encontrado en el análisis de Hertz del capítulo anterior.

Boltzmann resalta que la teoría de Maxwell, más que revelar la 'verdadera naturaleza de las cosas' proporcionaba una imagen o *analogía*, la cual constituía la *explicación* más comprensiva y uniforme que otras alternativas. Pero, además, que lo que ayudó a la aceptación de su manera de entender a las teorías fueron sus *éxitos prácticos*, algo sobre lo que volveré más adelante.

La concepción de Maxwell de las teorías como *imágenes* o analogías mecánicas, también ayudaba a resolver dificultades en la física como la que había señalado el físico Gustav Kirchhoff (1862-1877). Kirchhoff había señalado dificultades en los fundamentos de la mecánica de su época, como el hecho de que no era claro el estatus ontológico del *concepto de fuerza*. Como vimos en la sección 2.5, varios autores señalaron que, en diferentes áreas de la física, se hacían usos inconsistentes del *concepto de fuerza*. El propio Boltzmann (1974, p.88) señalaba que Kirchhoff había resuelto esas inconsistencias al asumir que conceptos como el de fuerza son sólo abreviaciones de expresiones matemáticas cuya validez se determina sólo si hacen posible construir imágenes simples de la naturaleza.[126]

Boltzmann consideraba que los problemas como los que señalaba Kirchhoff se evitaban retomando la concepción de Maxwell (y de Hertz) de las teorías como *imágenes* mentales. En un ensayo titulado "Sobre el significado de las teorías", él expresa esa concepción de las teorías: "Soy de la opinión de que la tarea de la teoría consiste en construir una imagen del mundo externo que exista puramente de manera interna y debe ser nuestra estrella guía en todo pensamiento y experimentación" (Boltzmann 1974, p.33). Es decir, para Boltzmann las teorías consisten en *imágenes* mentales que guían la investigación. Un aspecto importante de esta forma de caracterizar a las teorías es que, más que revelar algo sobre la naturaleza, *su importancia consiste en lo que se hace con ellas en la investigación*. Debido a que las teorías, así concebidas, no buscan establecer verdades incontrovertibles, sino guiar la investigación, las preocupaciones sobre el estatus ontológico del *concepto de fuerza*, por ejemplo, dejan de ser relevantes. Pero lo más importante, para Boltzmann, es que esta concepción apoya el uso de *hipótesis*, independientemente de si éstas postulan entidades *inobservables* (como átomos) o no. De

[126] No todos los físicos compartieron el entusiasmo de Boltzmann con la manera de proceder de Kirchhoff. Duhem (1903, p.159) comenta irónicamente que el sistema de Kirchhoff sí evita las dificultades, pero al costo de cortar completamente cualquier relación entre dicho sistema y los fenómenos físicos de la experiencia. Si los conceptos sólo significan cantidades matemáticas, entonces no significan nada físico.

acuerdo con Boltzmann, las teorías se fundamentan en *hipótesis mediante una lógica* que no requiere usar solo verdades incontrovertibles como premisas.

En una conferencia titulada "Sobre la mecánica estadística", por ejemplo, él señala que:

> Se suele enfatizar fuertemente, por supuesto, que cualquier verdad inferida que es reconocida como lógicamente necesaria debe continuar existiendo incontrovertiblemente. Incluso si esto difícilmente puede dudarse, la experiencia muestra que, no obstante, nuestros edificios teóricos no son de ninguna forma construidos sólo sobre tales verdades fundamentales e incontrovertibles. Al contrario, estos edificios consisten en imágenes, a veces arbitrarias, sobre la conexión entre fenómenos, esto es, en hipótesis (Boltzmann 1974, p.160-161).

Aquí, las afirmaciones de Boltzmann son parte de su defensa del atomismo. Dicha defensa consistirá en argumentar que las *hipótesis* que sirven como fundamentos de teorías sólo necesitan proveer una *imagen* satisfactoria de los fenómenos para ser adecuadas. Las *hipótesis* no necesitan apoyarse en argumentos metafísicos *a priori* de ninguna manera. Esto puede parecer obvio hoy en día, pero parte del rechazo a las hipótesis del atomismo, en la época, se debía a que éstas se veían como presuposiciones *metafísicas*.[127] Dado que no sabemos de antemano si la materia está constituida de átomos o si, más bien, es continua a nivel fundamental, se pensaba que era mejor evitar suposiciones al respecto. Sin embargo, Boltzmann sostiene que no necesitamos saber *a priori* si las hipótesis que fundamentan las teorías son verdaderas para usarlas de manera fructífera. Las hipótesis no se basan en 'verdades fundamentales' por lo que no es necesario saber si el atomismo es correcto de manera *a priori*.

En el mismo ensayo, Boltzmann menciona, con ironía, los intentos de filósofos de discutir el atomismo a partir sólo de *deducciones lógicas*. Boltzmann criticaba fuertemente ese tipo de discusiones lógicas *a priori* de las hipótesis científicas señalando que Kant había mostrado que, de esa manera, se puede demostrar tanto la verdad del atomismo como su falsedad.[128] "Llamar a esto lógica me parece como si alguien con el propósito de una

[127] Al menos, esto es lo que considero que Boltzmann identifica como una dificultad clave del atomismo de su época. La evidencia de ello es el énfasis que hace, a lo largo de sus ensayos, respecto de que la existencia de átomos no debía tomarse como la aserción de un hecho, sino como un recurso útil para construir teorías.

[128] Boltzmann se refiere aquí a la segunda de las antinomias que Kant explica en la *Crítica de la Razón Pura* (A434-443/B462-472). Michael Friedman (2013, p.100-101) analiza esta antinomia de Kant y señala que éste buscaba establecer que, de hecho, la materia es infinitamente divisible (no hay átomos). De acuerdo con Friedman, Kant considera que, por un lado, una substancia debe ser indivisible (de acuerdo con la metafísica), pero, por otro lado, (de acuerdo con la geometría) todo lo que tiene extensión espacial debe ser

caminata por la montaña se pusiera una prenda con muchos pliegues largos con los cuales sus pies se enredan constantemente en ellos y que caería tan pronto como diera sus primeros pasos" (Boltzmann 1974 p.164-165). La cuestión no es que Boltzmann critique el uso de la *lógica* en la discusión de *hipótesis*. Textos de la época, como la edición de 1911 de la *Enciclopedia Británica*, señalaban que "Lógica es la ciencia de los procesos de *inferencia*…" (Blunt 1911 p.879, énfasis añadido). Lo que Boltzmann busca señalar es que es incorrecto discutir la adecuación de las *hipótesis* atomistas con base en tipos de *inferencias* que se pueden evaluar *a priori*.

Boltzmann consideraba que la idea de que podemos determinar *a priori* si una hipótesis científica es adecuada, o no, era consecuencia de una manera *inadecuada* de entender la *lógica de la investigación científica*. "La fuente de esta clase de lógica yace en la excesiva confianza en las, así llamadas, leyes del pensamiento. Es, de hecho, cierto que no tendríamos experiencia de ciertas formas de ligar percepciones, esto es de pensamientos, si no fueran innatas a nosotros…Sin embargo, nada parece más infundado que una inferencia del a priori, en ese sentido, a la certeza absoluta y la infalibilidad" (Boltzmann 1974 p.165). Las leyes del pensamiento que usamos al deducir son, para Boltzmann, sólo hábitos mentales *instintivos* que distan de ser infalibles.

En este punto podemos apreciar la cercanía de Boltzmann con las reflexiones de Hertz y Mach. Con Hertz, Boltzmann comparte la idea de que los principios de las teorías son *hipótesis* tentativas y no *a priori*. Con Mach, Boltzmann comparte la idea de que las leyes del pensamiento son *hábitos* con los que hemos evolucionado y que han sido útiles en muchas instancias, pero *no necesariamente son infalibles*. De hecho, Boltzmann considera que dichas leyes del pensamiento son, en ese sentido, similares a los órganos de nuestra percepción:

> Estas leyes del pensamiento han evolucionado de acuerdo con las mismas leyes de la evolución del aparato óptico del ojo, la maquinaria acústica del oído y el dispositivo de bombeo del corazón. En el curso del desarrollo de la humanidad todo lo inapropiado fue

divisible. Kant supera ese conflicto, en la lectura de Friedman, señalando que sólo tenemos conocimiento genuino de las apariencias (o fenómenos), en contraste con las cosas en sí mismas; la idea de substancia como simple e indivisible sólo se concibe mediante el uso del entendimiento puro independientemente de la sensibilidad (lo que no tiene validez objetiva) y no de la substancia fenoménica (que se conoce al aplicar los conceptos puros del entendimiento al material empírico de la sensibilidad dado en las intuiciones puras del espacio y el tiempo). Como sólo de esta última (la substancia fenoménica) tenemos conocimiento genuino, se concluye que la materia que conocemos debe ser infinitamente divisible.
Sin embargo, Boltzmann parece concluir, más bien, que Kant mostraba que los razonamientos *a priori* sobre la divisibilidad de la materia (y, en consecuencia, sobre el atomismo) no producen conclusiones claras. Para Boltzmann, la cuestión sobre el atomismo debe responderse mediante *una lógica diferente*.

> abandonado y así surgió la unidad y perfección que puede dar la ilusión de infalibilidad. Así también, la perfección del ojo, del oído y el arreglo del corazón genera admiración, pero no podemos asegurar que estos órganos sean absolutamente perfectos. Del mismo modo, las leyes del pensamiento no pueden tomarse como infalibles (Boltzmann, 1974, p.165).

En un ejemplo particularmente interesante, Boltzmann señala que en la antigüedad la gente pudo haber pensado que el pensamiento *lógico* nos llevaba a concluir que no podía existir algo como las *antípodas*. Siempre se ha visto que todas las personas, en un mismo lugar, coinciden en qué dirección es arriba y cual es abajo, y éstas parecen ser siempre paralelas. El *hábito* de pensar así pudo llevar a muchos a considerar inconcebible la idea de antípodas. Una vez que fue claro que la Tierra es esférica dejamos de considerar inconcebible que, la dirección que llamamos "arriba o abajo" no sea la misma en todos lados. "Modos de pensamiento injustificados pueden retroceder, como atestigua el hecho de que cualquier persona educada ahora entiende la teoría de las antípodas y muchos la de las *geometrías no euclidianas*" (Boltzmann 1974, p.167, énfasis añadido).

La mención de las *geometrías no euclidianas* es importante porque tradicionalmente se había pensado en los axiomas de la geometría euclidiana como verdades evidentes o, podríamos decir, consecuencia de las leyes del pensamiento.[129] Para muchos, esto seguiría siendo así, al menos, hasta que Albert Einstein produjera la *relatividad general*. Pero, aun antes de Einstein, Boltzmann fue capaz de reconocer que mucho de lo que se consideraba como conocimiento evidente o necesario, como los axiomas de la geometría euclidiana, tenían un carácter *hipotético.*[130] Los prejuicios contra las geometrías no euclidianas se debían a los *hábitos de pensamiento*, pero Boltzmann consideraba que se estaba haciendo claro que podemos liberarnos de ellos.

Por otra parte, al rechazar que las teorías se basan en *inferencias* lógicas *incontrovertibles*, Boltzmann afirma que "Al contrario, estos edificios consisten en imágenes, a veces arbitrarias, sobre la conexión entre fenómenos, esto es, en hipótesis" (Boltzmann 1974, p.160-161). Las *hipótesis*, por lo tanto, deben postular aspectos de la

[129] Junto con el atomismo, el descubrimiento de las geometrías no euclidianas generó debates acerca de los fundamentos de la ciencia como vimos en el capítulo 2. También, Duhem elabora una respuesta a estos debates, como veremos en el capítulo 5.

[130] Como señala la investigación de Marij van Strien (2015), Boltzmann también llegó a enfatizar que la aplicabilidad del cálculo diferencial, sobre todo con el desarrollo que tuvo hacia finales del siglo XIX, debía verse como hipotética. En otras palabras, para Boltzmann, el uso de cualquier área de las matemáticas en física está sujeto al éxito que produzcan y no a consideraciones fijas o absolutas.

experiencia de los que no tenemos certeza y, en ocasiones, ni siquiera tenemos acceso sensorial directo. “Sin ir, aunque sea un poco, más allá de los que se percibe directamente, no hay teoría, ni siquiera una descripción comprehensiva de los hechos naturales, que pueda servir para la predicción de fenómenos futuros” (Boltzmann p.161). Aquí Boltzmann justifica la necesidad de las *hipótesis* señalando que la predicción de nuevos fenómenos depende de ellas.

> …las hipótesis que dejan espacio a la fantasía, y van audazmente más allá de lo dado, darán inspiración constante para experimentos novedosos y se convertirán así en pioneros de descubrimientos totalmente insospechados. Por supuesto, tal teoría estará sujeta a cambios y puede suceder que una estructura teórica complicada se derrumbe y sea reemplazada por una nueva y más efectiva, en la que, sin embargo, la vieja teoría continúa encontrando lugar dentro del marco de la nueva como una imagen de un campo restringido de fenómenos. (Boltzmann 1974, p.161)

Lo importante aquí es que Boltzmann considera que las *hipótesis* deben dejar ‘*espacio a la fantasía*’ para poder guiar la investigación hacia nuevos aspectos de los fenómenos. *Boltzmann reconoce que el razonamiento en física requiere que se infieran aspectos novedosos de la experiencia a los que no tenemos acceso sensorial directo y que se justifican mediante sus consecuencias*.

Esta concepción de las teorías y del uso de hipótesis le permite a Boltzmann argumentar en favor del atomismo al señalar que las teorías no necesitan mostrar, de manera incontrovertible, si la materia está compuesta por átomos. “La pregunta sobre si la materia consiste en átomos, o es un continuo, se reduce a una mucho más clara, sobre si el continuo es capaz de crear una mejor imagen de los fenómenos” (Boltzmann 1974, p.91). Al reconocer que determinar de manera incontrovertible la naturaleza y causa de los fenómenos no es la función de las *hipótesis*, éstas *se deben evaluar de otra manera*. Lo que Boltzmann estaba expresando era la idea de que las *hipótesis* debían evaluarse sólo a partir de aspectos que sí podemos establecer, como lo fructíferas que son en producir nuevos descubrimientos.

Al igual que Mach, Boltzmann reconoce que hay aspectos del pensamiento que tienen su origen en la evolución humana y que intervienen en la investigación científica; *conocimiento instintivo* en el caso de Mach y *hábitos de pensamiento instintivos* en el caso de Boltzmann. Ambos concuerdan, también, respecto a que el *conocimiento instintivo,* o los hábitos de pensamiento, no se pueden aceptar de manera dogmática, sino que deben

evaluarse a partir de su éxito para llevar a *nuevos descubrimientos*. Sin embargo, Boltzmann es más enfático respecto del aspecto negativo de los hábitos de pensamiento instintivos. Él ve en estos hábitos instintivos el origen de la resistencia de la comunidad científica a nuevas ideas como el atomismo o las geometrías no euclidianas. Como vimos, Mach era sensible a esta preocupación, pero consideraba que el *conocimiento instintivo* y la *intuición* podían proporcionar una base tentativa para escoger entre diferentes maneras alternativas de conceptualizar la experiencia. Pero Boltzmann no parece reconocer la necesidad de tal elección. Más bien, la postura de Boltzmann implica que uno puede utilizar *teorías* diferentes para los mismos hechos siempre que éstas lleven a nuevos descubrimientos. En su ensayo titulado "Sobre el desarrollo de los métodos de la física teórica en tiempos recientes", por ejemplo, Boltzmann señala que:

> De esto se sigue que no puede ser nuestra tarea encontrar una teoría absolutamente correcta, sino una imagen que sea tan simple como sea posible y que represente los fenómenos de manera tan precisa como sea posible. *Uno incluso puede concebir dos teorías muy diferentes ambas igualmente simples y congruentes con los fenómenos*, las cuales, por tanto, a pesar de sus diferencias, son igualmente correctas. (Boltzmann 1974, p.91, énfasis añadido)

Boltzmann no consideraba que esto fuera problemático. Multiplicar las *hipótesis* puede ser adecuado, de acuerdo con él, si éstas llevan a nuevos descubrimientos y, *de cualquier forma, éstas se van eliminando en el proceso de investigación*. "El progreso en el pensamiento debe buscarse mucho más por la eliminación de tales formas erróneas de inferencia y conceptos, que, la experiencia nos dice, no avanzan sino distraen e incluso no enredan en contradicciones" (Boltzmann, 1974, p.67). Al formular *teorías* que no llevan a nuevos descubrimientos es que podemos determinar que las *hipótesis* en las que se basan son incorrectas y, sólo entonces, las eliminamos.

Qué *hipótesis* se han de conservar y cuales se han de eliminar depende de la manera en que *cumplen sus funciones*, independientemente de cómo son concebidas. La función de las *hipótesis* y teorías es, para Boltzmann, *guiar la investigación*, tanto los experimentos como el razonamiento. Una manera en que las teorías podían cumplir esa función era facilitando la creación de *modelos* para representar los mecanismos tentativos mediante los cuales se producen los fenómenos. En algunos casos, los *modelos* incluso se valían de representaciones de papel o madera para hacer más *intuitivas* a las representaciones. En otras palabras, las teorías proporcionan herramientas para el entendimiento. Como el mismo Boltzmann señala en otro de sus ensayos "… está perfectamente claro que estos

modelos de madera, metal y cartón son realmente una continuación e integración de nuestro proceso de pensamiento…" (Boltzmann 1974, p.218).

Sin embargo, ese entendimiento que proporcionan las *teorías* no puede consistir en esclarecer las causas verdaderas de los fenómenos, ya que, como hemos visto, *esa no es su función*. Más bien, Boltzmann explica el entendimiento en física con el entendimiento que podemos tener de un mecanismo. "¿Qué, entonces, significa tener un entendimiento perfectamente correcto de un mecanismo? Todo el mundo sabe que el criterio práctico para esto consiste en que sea capaz de manejarlo correctamente. Sin embargo, yo voy más allá y afirmo que es la única definición sostenible del entendimiento de un mecanismo" (Boltzmann 1974, p.150). Boltzmann señala inmediatamente que una persona entiende un mecanismo si sabe qué hacer con él en diferentes circunstancias.[131]

En otras palabras, Boltzmann enfatiza el uso de las *teorías* en asuntos prácticos y cómo ello es lo que nos mueve a aceptarlas. De acuerdo con él, en ningún lado se aprecia más claramente el éxito de la ciencia que en la *tecnología* que ha producido. "Es por esto que no veo los logros tecnológicos como productos secundarios de la ciencia natural, sino como su *prueba lógica*. Si no hubiéramos obtenido esos logros prácticos, no sabríamos cómo inferir. Sólo aquellas inferencias que son correctas llevan al éxito práctico" (Boltzmann 1974, p.192, énfasis añadido). Boltzmann hace este comentario en el contexto de su discusión "Sobre una tesis de Schopenhauer", en una sección en la que señala que, *en ética son las obras lo que determina si algo es correcto*. En otras palabras, Boltzmann implícitamente sugiere que es una *lógica de juicios prácticos* lo que nos permite concluir

[131] Esta idea de Boltzmann es similar a la que Duhem identifica como característica de la *ciencia británica*; lo que sería natural considerando que Boltzmann estaba siguiendo a Maxwell. Duhem señalaba que los *modelos* de la ciencia británica proponían mecanismos para hacer intuitivos los fenómenos. A este respecto, Duhem (2003, p.91 y 1893b/1996, p.54-55) cita a William Thomson (1824-1907), como representante de esta actitud, cuando éste sostiene que un fenómeno físico sólo se entiende hasta haber producido un modelo mecánico del mismo. Duhem consideraba que la misma idea se estaba difundiendo en la ciencia europea; no se equivocaba, a este respecto, en el caso de Boltzmann.
Duhem (2003 y 1893b/1996) critica fuertemente el uso de *modelos* en física, a la manera de Boltzmann, Maxwell y Thomson (y otros físicos a los que se refiere como 'ingleses', pero que sería más adecuado llamar británicos, puesto que la mayoría de los que nombra eran escoceses). Un motivo de la crítica es que éstos físicos usaban unos u otros modelos sin importar si eran consistentes entre sí. Duhem consideraba que esta práctica era contraria a la búsqueda por la *unidad lógica* de las teorías, lo cual él consideraba contrario al sentido común (*sens commun*). Pero posiblemente la crítica más importante era que Duhem consideraba que los modelos *no eran susceptibles de testeo experimental*. Analizaré con más detalle los argumentos de Duhem a este respecto en la sección 6.4. Pero aquí podemos notar que los intentos de revisar la mecánica de la época, como el de Hertz del capítulo anterior, buscaban llevar a cabo tal revisión reconstruyendo la mecánica en un esquema deductivo claro. El uso de modelos inconsistentes estaba en conflicto con dicho proyecto.

si el razonamiento, en ciencia, es correcto. Sin embargo, Boltzmann no desarrolló este punto de manera sistemática.

Una dificultad que deja la falta de elaboración, por parte de Boltzmann, del proceso para controlar y eliminar *hipótesis* es que, en principio, podemos multiplicarlas sin fin al intentar explicar un fenómeno. Tradicionalmente se había pensado que había que limitar el número de *hipótesis* tentativas a aquellas que postularan sólo entidades y procesos inferidos por *inducción*. Sin embargo, la física del siglo XIX había hecho claro que ese requerimiento era demasiado restrictivo. *Tanto Boltzmann como Mach enfatizan la libertad del científico para proponer hipótesis y conceptos, aún si contradicen presuposiciones metafísicas, hábitos del pensamiento u otros prejuicios*. Mark Wilson señala que "Estas motivaciones históricas son olvidadas algunas veces en la actualidad, por la simple razón de que ya no persiste ninguna oposición filosófica creíble a esta libertad" (Wilson 2017, p.151). En la época de Mach y Boltzmann, enfatizar dicha libertad al momento de proponer *hipótesis* era un tema recurrente en las reflexiones filosóficas de parte de científicos.

Con todo, esa libertad da lugar, a su vez, a una nueva dificultad: *¿Cómo controlar la generación excesiva de hipótesis?* El propio Boltzmann consideraba que lo que caracteriza a la ciencia moderna es la capacidad para controlar la multiplicación de *hipótesis*. "Qué infantiles fueron las primeras teorías del universo, desde Pitágoras y Platón hasta Hegel y Schelling. La imaginación entonces era sobre productiva y el test por experimento faltaba" (Boltzmann 1974, p.34). La manera en que las *hipótesis* conducen hacia nuevos *experimentos de testeo* o aplicaciones tecnológicas es lo que, para Boltzmann, nos permite reconocer si debemos descartarlas o conservarlas. El *experimento de testeo* controla la multiplicación excesiva de hipótesis. Sin embargo, considero que él no elaboró suficientemente (y de manera convincente) cómo es que esto sucede.

Capítulo 4. Generación y evaluación de hipótesis: Poincaré y Peirce

"…cada paso importante en la ciencia ha sido una lección de lógica".
(Charles Sanders Peirce, CP 5.363)

Introducción

En el capítulo anterior vimos que Mach y Boltzmann reconocían que la investigación científica requería de *juicios* para escoger entre *hipótesis* alternativas, los cuales no son arbitrarios y se evalúan por sus consecuencias, tales como hacer predicciones o controlar algunos aspectos de los fenómenos en aplicaciones tecnológicas. La eficacia con la que se logran estas funciones era lo que para Mach y Boltzmann valida los *juicios* empleados en la práctica científica. El énfasis en el testeo estaba, ahora, en las consecuencias que podían obtenerse de las *hipótesis* y no en la certeza *a priori* de los principios teóricos (como vimos en el capítulo 2). Sin embargo, también hemos visto que este cambio de concepción también generó una serie de dificultades. Si las *hipótesis* no tienen que ser principios certeros *a priori* ni resultados de *inducciones*, entonces parece que cualquier idea puede servir como *hipótesis*. Esto es problemático porque, en principio, uno podría multiplicar *hipótesis* sin fin, ya que no parece haber guía acerca de cuáles valen más la pena investigar. Además, el hecho de que las consecuencias de las *hipótesis* sólo se deducen en *conjunto*, también hacía difícil identificar errores en *hipótesis individuales*. Hemos visto que Hertz intentaba mitigar estas dificultades proponiendo criterios de *conveniencia* para evaluar imágenes teóricas completas; mientras que Mach y Boltzmann enfatizaron consideraciones acerca del *conocimiento instintivo* al formular hipótesis y el *éxito práctico* como test.

En este capítulo veremos que, también, Henri Poincaré (1854-1912) y Charles Sanders Peirce (1839-1914) llegaron a importantes conclusiones similares a las de Hertz, Mach y Boltzmann; pero, en su caso, esas conclusiones estaban fuertemente asociadas a sus aportaciones a un área de la particular de la ciencia: la *medición científica*. A finales del siglo XIX e inicios del XX, había importantes debates acerca de cómo definir estándares para la medición de distancias y de tiempo. Se necesitaba, por ejemplo, definir la distancia que corresponde a un metro para poder llevar a cabo mediciones de distancias, pero esto había resultado más complicado de lo que puede parecer a primera vista. La elección de un

estándar puede parecer *arbitraria* en principio, pero en la *práctica*, dicha elección está sujeta a una gran variedad de requerimientos. Así como Hertz, Mach y Boltzmann consideraban que los principios de las teorías no son necesarios *a priori*, sino hipótesis, aunque tampoco son arbitrarias; *Poincaré y Peirce reconocían que los mismo sucede con los estándares de medición*. Dichos estándares (como el metro patrón) no son necesarios; la naturaleza no nos provee una unidad de distancia, podemos escoger. Al mismo tiempo, no cualquier cosa sirve como estándar de medición puesto que, en la práctica, hay una importante variedad de requerimientos que se deben considerar. Poincaré y Peirce trabajaron activamente en sus respectivos países resolviendo dificultades que se presentaban en la adopción de estándares de medición; al tiempo que llevaron a cabo importantes reflexiones sobre la investigación científica.

En el caso de Poincaré, él sostuvo una postura conocida como *convencionalismo*. Como veremos, algunos historiadores (como Peter Galison) han asociado el hecho de que la filosofía de la ciencia de Poincaré estuviera centrada en el término '*convención*' con su trabajo para establecer la adopción de estándares de medición. Los estándares se adoptan, finalmente, por *convención*, aunque ello no necesariamente signifique que sean *arbitrarios*. De igual manera, Poincaré consideraba que la investigación en física requiere una serie de *convenciones*. Como veremos, no era una postura tan alejada de la de Kant (que vimos en el capítulo 2), en el sentido de que Poincaré reconocía que la investigación científica sólo es posible si primero aceptamos ciertos *principios*; pero con la diferencia de que no se trata de principios necesarios *a priori* sino de *convenciones*. La cuestión natural que emerge y a la que él intentó responder es, entonces, *cómo se eligen las convenciones*, ya que no son principios necesarios.

Por su parte, Peirce respondió a los cambios de concepción de la física de la época de una manera diferente. Él reconoció que el razonamiento científico se distingue, en parte, del *razonamiento de la vida cotidiana* por el uso de la *medición científica*. Sin embargo, la distinción no es tajante. *Algunos aspectos de cómo razonamos en la vida cotidiana siguen siendo importantes para la investigación científica*. De hecho, algunos de los criterios que hemos visto que otros autores señalaban para la *elección de hipótesis* (como la *conveniencia* de Hertz o el *éxito práctico* de Mach y Boltzmann) sugieren una importante similitud entre el *razonamiento en la investigación científica* y el *razonamiento de la vida cotidiana*. Peirce llevó a cabo estudios precisamente sobre el razonamiento cotidiano y científico, en particular, sobre el uso de *inferencias*. La lógica (como vimos al analizar el caso de

Boltzmann, sección 3.4) se entendía como el estudio de inferencias; y podemos entender la preocupación de los autores de la época que hemos visto como intentos de articular una nueva *lógica de evaluación de teorías*. Posiblemente, Peirce fue el autor de la época que con más claridad reconoció la necesidad de dicha *lógica*; la cual intentó proveer a partir de su estudio de un tipo de *inferencia* que él consideraba que no se había considerado suficientemente: la *hipótesis o abducción*.

4.1 El convencionalismo de Henri Poincaré

Henri Poincaré, además de trabajar como académico, trabajó en el *Bureau des Longitudes* de Francia desde 1893 hasta el año de su fallecimiento en 1912. Como muestra la investigación de Peter Galison (2005), el trabajo de Poincaré en el *Bureau des Longitudes* es relevante para entender sus reflexiones filosóficas sobre la ciencia. En particular, la postura filosófica del *convencionalismo*, por la cual Poincaré es conocido y que consistía en señalar que algunos aspectos del conocimiento científico se determinan mediante *convención*, se debe entender en ese contexto. El trabajo de Poincaré en el *Bureau des Longitudes* consistía precisamente en promover, evaluar y establecer *convenciones*. La manera en que Poincaré entendía el concepto de *convención* y sus roles es relevante aquí porque, como veremos, él las ve como un componente necesario para el *testeo de hipótesis*, pero cuya elección no está determinada por resultados experimentales, a pesar de que tampoco es arbitraria.[132]

El *Bureau des Longitudes* en el que trabajaba Poincaré tenía, entre otras, la función de establecer acuerdos y *convenciones* sobre estándares de medición. Una de las labores de Poincaré consistió en determinar qué convenciones eran más adecuadas. Por ejemplo, como señala Galison (2005, p.181), Poincaré formó parte de una comisión para determinar si era factible cambiar la división del día en veinticuatro horas por una división decimal; es decir, dividir el día en diez horas. Dividir el día en veinticuatro horas puede parecernos, hoy en día, como un hecho al que estamos tan acostumbrados que casi podemos llegar a olvidar que es una *convención*. En la época de Poincaré, algunas de estas *convenciones* aún se debatían, pero lo que encontró la comisión con la que él trabajaba es que puede resultar notablemente difícil tratar de cambiar *convenciones* tan cotidianas como las que usamos para medir el

[132] Como veremos, el tipo de elección que Duhem considera que se debe resolver con su concepto de *bon sens* exhibe algunas similitudes con la que Poincaré concibe como elección entre *convenciones*. En ambos casos, la elección tiene como consecuencia conservar o abandonar una *hipótesis* (o convención) y se trata de elecciones no determinadas completamente por resultados experimentales, ni por inferencias inductivas o deductivas, a pesar de que tampoco se trata de elecciones arbitrarias.

tiempo. Los intentos por "decimalizar" la medición del tiempo se remontaban a la época de la Revolución Francesa, pero éstos siempre resultaron infructuosos. "La *conveniencia* gobernaba. Donde las reformas *simplificaban* la vida, el público las siguió; cuando las reformas no ayudaban a la gente corriente, los esquemas cayeron poco a poco en el olvido" (Galison 2005, p.182, énfasis añadido).[133]

De manera similar a cómo la división del día en veinticuatro horas puede llegar a parecernos un hecho, Poincaré se cuestionaba acerca de si otros aspectos de la ciencia que normalmente vemos como hechos consisten, más bien, en *convenciones*. Esto se aprecia con particular claridad en su libro *Ciencia e hipótesis* publicado por primera vez en 1902. En dicho texto es claro que Poincaré se daba cuenta de que era inadecuado asumir que la ciencia puede construirse a partir de principios necesarios *a priori* (a la manera de Kant). Sin embargo, él también consideraba problemática la idea de *plantear hipótesis y someterlas a test en conjunto*. "Si construimos una teoría basada en un número de hipótesis y si el experimento las condena ¿cuál de nuestras premisas es necesario cambiar? Sería imposible saberlo" (Poincaré 2015, p.134). Él continúa diciendo que es importante someter a *test* las hipótesis *una por una*, pero tal recomendación parece extraña; ya que otros investigadores de la época (como Hertz y Duhem) ya habían señalado que esto sólo se puede hacer con *conjuntos* de hipótesis. Como veremos, una posible explicación de esta idea de Poincaré es suponer que, para él, cada hipótesis individual puede someterse a test junto con principios que no están sujetos a revisión. Sin embargo, dichos principios no serían (en su mayoría) necesarios *a priori* (como en el caso de Kant), sino *convenciones*.

Una manera de ver que Poincaré consideraba *convenciones* a varios *principios* que otros autores, como Kant, habían visto como necesarios *a priori* es revisar sus argumentos sobre la geometría. A lo largo de la segunda parte de *Ciencia e hipótesis*, Poincaré considera tanto la posibilidad de que dichos axiomas de la geometría euclidiana sean verdades necesarias *a priori* (como pensaba Kant) como la posibilidad de que fueran conclusiones *empíricas*. Para empezar, Poincaré rechaza la posición de Kant de que tales axiomas son juicios *sintéticos a priori*. Historiadores como Yemima Ben-Menahem han señalado que

[133] Nótese que Galison enfatiza el criterio de 'conveniencia' en la elección de las convenciones con las que trabajaba Poincaré y hemos visto (en la sección 2.5) que Hertz señalaba precisamente a la 'conveniencia' como su tercer criterio de elección de teorías. De acuerdo con John Preston (2008, p.94-95), Mach consideraba que el criterio de 'conveniencia' de Hertz era consecuente con su propio *principio de economía del conocimiento*. En otras palabras, estos físicos consideraban que las evaluaciones de 'conveniencia' jugaban un papel metodológico relevante en la investigación científica.

Poincaré identifica un juicio como sintético *a priori* a partir de si es o no concebible su contradicción.

> Poincaré toma los enunciados sintéticos *a priori* como necesarios, manteniendo que no podemos concebir una negación de una verdad sintética *a priori* ni incorporar tal negación consistentemente en un sistema coherente de enunciados. Es esta concepción del sintético *a priori* lo que le permite a Poincaré concluir, de la existencia de geometrías incompatibles, que ninguna de ellas es sintética *a priori.* (Ben-Menahem 2001, p.476, itálicas en el original)

Por otro lado, Poincaré también argumenta que los axiomas tampoco son sintéticos *a posteriori*, es decir, derivados de la experiencia. En la época, varios investigadores habían considerado esa posibilidad, como hemos visto en el caso de Mach y Helmholtz de los capítulos anteriores, pero podemos señalar que la misma postura la compartieron el geómetra Eugenio Beltrami (1835-1899) y el matemático Sophus Lie (1842-1899), entre otros. Estos investigadores habían concluido que nuestra experiencia con el movimiento de *cuerpos rígidos* podía justificar algunos aspectos de cómo concebimos al espacio. Sin embargo, Poincaré notaba que el movimiento de *cuerpos rígidos* sólo estaba en conflicto con geometrías de curvatura variable, pero no con las de curvatura constante (lo cual aún deja muchas opciones además de la de Euclides).[134] Adicionalmente, Poincaré (2015, p.64) nota que la práctica de los geómetras no parece adecuarse a la de una investigación empírica. Más aún, él señala (como Helmhotlz en la sección 2.2 o Mach en la sección 3.2) que cualquier experimento que pudiéramos concebir para testear la geometría tendría que tomar en cuenta las leyes de la física; si el resultado no fuera el consistente con la geometría euclidiana, siempre podríamos concluir que son las leyes físicas las que tenemos que modificar. Es decir, ante un resultado experimental (u observacional) recalcitrante "Podríamos, o bien renunciar a la geometría euclidiana, o bien, modificar las leyes de la óptica y suponer que la luz no viaja rigurosamente en línea recta. Es innecesario decir que

[134] Como señala Thomas Ryckman "En los 1880s Lie probó (el así llamado teorema Helmholtz-Lie) lo que Riemann y Beltrami conjeturaron previamente, que la condición de movilidad libre [de cuerpos rígidos] es consistente con tres grupos distintos, correspondientes a las tres geometrías de curvatura constante: Euclidiana (curvatura cero), hiperbólica (curvatura de Lobachevski) y elíptica (esférica riemanniana o curvatura positiva). Poincaré interpretó el resultado de Lie en el sentido de que la experiencia sola es incapaz de distinguir entre estas" (Ryckman 2017, p.258). El mismo Ryckman (2017) enfatiza que la preocupación exclusiva con las geometrías de curvatura constante es lo que marca la diferencia más sobresaliente entre los debates del siglo XIX y los del siglo XX respecto de las geometrías no euclidianas. En contraste con los debates del siglo XIX, en los debates del siglo XX las geometrías de curvatura variable no sólo se aceptan como posibles, sino que (gracias a la *relatividad general*) son el centro de interés.

todo el mundo estaría de acuerdo en que la última solución es la más ventajosa" (Poincaré 2015, p.81).[135]

De manera que Poincaré considera que los axiomas de la geometría no son enunciados *sintéticos a priori* ni *a posteriori,* por lo que los identifica con una nueva categoría a la que él llama *convención*.[136]

> En otras palabras, los axiomas de la geometría (no hablo aquí de los de la aritmética) son meramente definiciones disfrazadas. Entonces qué habremos de pensar de la pregunta: ¿es verdadera la geometría euclidiana? No tiene significado. (Poincaré 2015, p.65)

Aquí Poincaré menciona a la aritmética entre paréntesis debido a que él considera que ésta sí parte de *principios sintéticos a priori*. En particular, él describe como un principio sintético *a priori* al principio de la aritmética al que se refiere como la 'regla de razonamiento por recurrencia'. "Esta regla, inaccesible a la demostración analítica y a la experiencia, es el verdadero tipo de juicio sintético *a priori*. Por otro lado, no podemos pensar en ver en ella una convención, como en algunos de los postulados de la geometría" (Poincaré, 2015, p.39, itálicas en el original). Es decir, Poincaré pensaba que la investigación científica sí requiere principios *a priori*. A diferencia de Kant, sin embargo, Poincaré les atribuye un papel mucho más restringido a dichos principios sintéticos *a priori*. Como hemos visto, para Poincaré los axiomas de la geometría no pueden ser objeto de la experiencia. Aún así, Poincaré consideraba que todavía podemos considerarlos *convenciones*. Aceptar *convenciones*, junto

---

[135] Aquí, como en el caso de Helmholtz y Hertz en el capítulo 2, encontramos la idea de lo que se ha llamado '*holismo en la confirmación*', es decir, la idea de que las consecuencias de las teorías sólo se pueden evaluar en conjunto (lo que impide que se pueda refutar hipótesis individuales de manera concluyente). Como veremos en el capítulo 6, Duhem es conocido como quien, de manera más clara, articuló dicha idea del holismo en la confirmación. Sin embargo, como veremos en el resto de esta sección, Poincaré finalmente rechaza el *holismo*. Es posible que Poincaré rechazara el holismo debido a que él consideraba que, en la investigación, aceptamos una serie de *principios fijos* (unos sintéticos *a priori* y otros como *convenciones*) de tal manera que sí podemos refutar concluyentemente las hipótesis que sometamos a test (puesto que no podemos atribuir los errores a esos principios fijos, sino sólo a las hipótesis que testeamos en conjunción con ellos).
También, vale la pena señalar que, a pesar de que Poincaré consideraba que todo el mundo estaría de acuerdo en que la solución de modificar las leyes de la física (ante evidencia recalcitrante) es más ventajosa, Albert Einstein haría una de las contribuciones más importantes a la ciencia al tomar la primera solución: abandonar la geometría euclidiana.

[136] Helmut Pulte nota, sin embargo, que Poincaré no fue el primero en utilizar el término 'convención' de esta manera. De acuerdo con Pulte, Carl Gustav Jakob Jacobi (1804-1851) había notado algunas de las dificultades que Poincaré señaló al analizar los principios de la mecánica; que no podían ser principios *sintéticos a priori* ni *sintéticos a posteriori*. "Jacobi, bien educado en filología clásica y muy consciente de las sutilezas lingüísticas, consecuentemente llamó a los primeros principios de la mecánica 'convenciones' exactamente 50 años antes que H. Poincaré" (Pulte 2009, p.86). No obstante, Pulte también señala que "Como las últimas conferencias de Jacobi de 1847/48 no fueron publicadas hasta 1966, este criticismo fue notado sólo por algunos de sus estudiantes (como B. Riemann) y otros matemáticos (como C. Neumann)" (Pulte 2009, p.84).

con algunos pocos principios que sí consideramos *sintéticos a priori*, es lo que permite someter otras hipótesis a test mediante experimentos. Por ejemplo, en el caso de los axiomas de la geometría, podemos evaluarlos en conjunto con ciertas hipótesis de física; pero si dicho testeo produce resultados recalcitrantes, el error no puede atribuirse a los axiomas de la geometría, ya que éstos los aceptamos por *convención*. En ese caso sólo podemos concluir que son las hipótesis de física las que debemos modificar. En otras palabras, los principios sintéticos *a priori*, junto con las *convenciones*, fijan suficientes elementos del conocimiento como para que sea posible testear hipótesis individualmente.

Tanto los principios que son juicios sintéticos *a priori* como los que son *convenciones* tenían implicaciones para todas las teorías físicas, ya que Poincaré consideraba que dichos principios conforman los fundamentos de las distintas áreas de la física. Varios autores recientes han señalado que Poincaré consideraba que las ciencias se construyen en una *jerarquía* o '*serie*', de manera que unas ciencias son más fundamentales que otras. Poincaré no menciona explícitamente una 'jerarquía de ciencias' en *Ciencia e hipótesis*. Sin embargo, él sí menciona, en la introducción, que "debemos revisar la serie de ciencias desde la aritmética y la geometría a la mecánica y la física experimental" (Poincaré 2015, p.28, énfasis añadido). La estructura de *Ciencia e hipótesis* refleja esa idea de avanzar desde la aritmética a la física experimental; el libro comienza, precisamente, con un capítulo sobre el razonamiento en la aritmética, continúa con otros capítulos sobre las magnitudes matemáticas y la geometría, y sólo hasta la tercera y cuarta parte es que habla de física propiamente (comenzando con la mecánica). Michael Friedman (1999), en el capítulo 4 de su libro *Reconsidering Logical Positivism*, es quien ha llamado la atención acerca de esa *'serie'* y la ha interpretado como una j*erarquía de las ciencias*.[137] En esta lectura de Friedman, Poincaré considera que la *intuición* (en el sentido de Kant) sirve de fundamento para el uso de la *inducción matemática* y ésta, a su vez, fundamenta a la aritmética (veremos su argumento con más detenimiento en la sección 5.2). Después, Poincaré utiliza a la aritmética para fundamentar los principios de la teoría de magnitud matemática y ésta, a su vez, para fundamentar a la geometría. Posteriormente, la geometría se usa para fundamentar

[137] Michael Heidelberger (2009, p.120-121) señala que otro contemporáneo francés de Duhem y cuñado de Poincaré, Émile Boutroux (1845-1921), también defendió la idea de una *jerarquía de ciencias* retomándola de Augusto Comte (1798-1857). Es decir, se trataba de una idea común en la época. Sin embargo, hay que enfatizar que ninguno de estos autores consideraba jerarquías reduccionistas. Se consideraba que cada ciencia utiliza algunos principios establecidos por otra ciencia más fundamental, pero eso no implicaba que una ciencia pudiera ser completamente reducible a otra. Cada ciencia se apoyaba, además, en sus propios principios irreductibles.

a la mecánica y así sucesivamente. Los principios de cada ciencia presuponen a la ciencia del nivel anterior. Es decir, cada ciencia en la jerarquía presupone a una más fundamental, de tal suerte que, de acuerdo con él, la mayor parte de las ciencias empíricas presuponen a la mecánica, ésta a la geometría, la geometría a la teoría de magnitud matemática y, finalmente, ésta presupone a la aritmética. [138]

En esa estructura, Poincaré consideraba que diferentes principios tienen distintas funciones en varios niveles. Para él, las *convenciones* son parte de los fundamentos de la mayoría de las ciencias. La ciencia más fundamental, la aritmética, se basa sólo en principios *a priori* y no en *convenciones*; pero ciencias como la geometría no se pueden fundamentar sólo con la aritmética y requieren, además, de *convenciones*. Dado que las otras ciencias se basan en la geometría, éstas también dependen de las mismas *convenciones* (además, como veremos, Poincaré considera que también la mecánica requiere *convenciones* adicionales). Es decir, la lectura jerárquica implica que, para Poincaré, toda la ciencia (con excepción de la aritmética) se fundamenta en *convenciones*.

De acuerdo con Poincaré (2015, p.39), el principio en el que se basa la aritmética, al que se refiere como la regla del razonamiento por recurrencia (la inducción matemática), es

[138] Recientemente, sin embargo, se ha presentado una controversia al respecto de la interpretación jerárquica de Poincaré en la literatura. Katherine Dunlop (2016 y 2017) analiza cómo concibe Poincaré la relación entre aritmética y geometría para señalar que la intuición, con la que él fundamenta los principios *a priori* de la aritmética, no parece tener ningún papel en la geometría. "El problema inmediato que emerge para las interpretaciones de 'dependencia jerárquica' es encontrar un rol en la geometría para la intuición que fundamenta el razonamiento matemático" (Dunlop 2016, p.277). Pero, más grave aún, Dunlop señala que no hay una manera coherente de sostener que, para Poincaré, toda la matemática puede justificarse mediante inducción matemática (y, por tanto, en la intuición); lo cual implica que sólo podemos interpretar coherentemente a Poincaré rechazando la lectura de 'dependencia jerárquica'.
No obstante, David Stump (2018, p.XVII-XIX) considera que hay un malentendido de parte de Dunlop. De acuerdo con Stump, ni Friedman ni la mayoría de los autores que hablan de la 'jerarquía de ciencias' de Poincaré consideran que dicha jerarquía sea una forma de reduccionismo (que parece ser lo que Dunlop crítica). No se trata de que los principios de cada ciencia sean reducibles a consecuencias de la ciencia previa, sino que, más bien, cada ciencia presupone a la anterior *junto con nuevos principios*. "Las ciencias se explican como círculos concéntricos expansivos, agregando nuevo contenido a la base de cada nivel. Los niveles más bajos son precondiciones necesarias para los niveles más altos, pero no son suficientes" (Stump 2018, p.XIX).
Janet Folina (2019), aunque advierte que el argumento de Dunlop no es del todo claro, también rechaza su crítica a la lectura de Freidman. En un pie de página, Folina señala que Dunlop parece sostener que se necesitan otros elementos, además de la aritmética, para fundamentar a la geometría (de acuerdo con Poincaré) y que ello socava la necesidad de la misma. Sin embargo, no parece haber razón para pensar que, si la geometría requiere algo más que aritmética, entonces no necesita de la aritmética en absoluto. "La única razón sería si lo que se agrega satisface todas las funciones de lo que se suponía que era necesario. Pero eso parece implausible, al menos, en este caso" (Folina 2019, p.389 n.5).
Dado que tanto Stump como Folina concuerdan en que la crítica de Dunlop malentiende la lectura de Friedman (y debido a que personalmente concuerdo con ellos), en el resto de esta sección sigo dicha lectura jerárquica propuesta por Friedman.

un tipo de *juicio sintético a priori*.[139] De manera que la aritmética es la ciencia más fundamental para Poincaré porque se construye con base en un principio *a priori*. En un segundo nivel, y presuponiendo a la aritmética, Poincaré (2015, p.49) señala que se puede construir la noción de *magnitud matemática* con base en principios que, como los de la aritmética, son *a priori*. Sin embargo, después, él (p.50) argumenta que la noción de *magnitud física* no puede construirse de esa manera y que debe estar apoyada por principios *convencionales*. Posteriormente, la geometría, por las razones mencionadas más arriba, estaría basada tanto en la aritmética, en las nociones de magnitud como en *convenciones* adicionales.

El siguiente nivel que sigue a la geometría lo constituyen las leyes de la mecánica. *Estas leyes tienen, de acuerdo con Poincaré, el mismo estatus que los axiomas de la geometría, es decir, son convenciones*. De acuerdo con Poincaré (2015, p.93-94), el *principio de inercia*, por ejemplo, no puede ser una verdad *a priori*, porque en ese caso sería inexplicable que los griegos antiguos no lo hayan reconocido. Por otra parte, él señala (p.95-96) que dicho *principio de inercia* nunca puede someterse a una prueba experimental decisiva en física, ya que nadie ha experimentado con cuerpos alejados de la acción de toda fuerza. A lo más, podemos estudiar algunos casos particulares en que el principio de inercia se cumple o algunas de sus consecuencias. Pero al intentar poner a prueba la *hipótesis*, buscando algo que la contradiga, Poincaré (ibid..) señala que tendríamos que asumir que no hay cuerpos invisibles que afecten el movimiento de los cuerpos que estudiamos. Esto difícilmente es evidente. Es decir, podemos testear algunas consecuencias del *principio de inerci*a de manera restringida y, de hecho, vemos que es correcto; pero no podemos testear su validez en general. "En resumen, esta ley, verificada experimentalmente en algunos casos, puede extender sin vacilación a los casos más generales ya que sabemos que en estos casos generales la experiencia ya no puede ni confirmar ni contradecirla" (Poincaré 2015, p.97). En otras palabras, hay leyes fundamentales en la ciencia que inicialmente son *sugeridas* por los resultados experimentales, pero que después se aceptan como *convenciones*.[140]

---

[139] En la sección 5.6 comentaré más acerca de esa concepción de Poincaré y las razones por las que Duhem la rechazó.

[140] Stump (2015, 41-46) sostiene que, de manera implícita, Poincaré utiliza dos tipos de *convenciones* diferentes: las *convenciones* que son los principios de la mecánica y las *convenciones* en que se basa la geometría. Ambos tipos de *convenciones* se distinguen, de acuerdo con Stump, porque 1) ocupan lugares diferentes en la jerarquía de ciencias, 2) sólo las *convenciones* de la mecánica tienen valores de verdad (es decir, Poincaré dice que los principios de la mecánica pueden tomarse como verdaderos, mientras que sostiene que la geometría no es verdadera ni falsa), 3) los principios de la mecánica derivan de experimentos que, después, son elevados a la posición de principios, mientras que la geometría está totalmente separada

Para Poincaré, una vez establecidos los fundamentos de la aritmética, las nociones de magnitud matemática y física, así como la geometría y la mecánica, todas las demás suposiciones del resto de las ciencias son propiamente empíricas. Es decir, Poincaré considera que la investigación empírica requiere que aceptemos ciertos principios, algunos porque son *necesarios* para el pensamiento y otros por *convención*. Sin esos principios no sería posible alcanzar conclusiones en una *investigación empírica*. Él sostiene que las ciencias fundamentales, basadas en juicios sintéticos *a priori* y *convenciones*, ya proveen suficiente estructura como para que sea posible determinar empíricamente la verdad o falsedad de las leyes y otras hipótesis científicas.

En otras palabras, Poincaré identificaba tres tipos de hipótesis:

> Veremos también que hay varios tipos de hipótesis; que algunas son verificables y una vez confirmadas por experimentos se convierten en verdades fructíferas;[141] hay otras que no pueden llevarnos al error, aunque son útiles para fijar nuestras ideas; y hay otras que, finalmente, son hipótesis sólo en apariencia y son reducibles a definiciones disfrazadas o convenciones. (Poincaré 2015, p.28)[142]

---

de evidencia empírica y 4) Poincaré da argumentos diferentes en favor de las *convenciones* en geometría de los que da en favor de las *convenciones* en mecánicas. Sin embargo, considero que esas diferencias no parecen ser suficientes como para pensar que Poincaré considera dos tipos de convenciones. 1) y 4) parecen poco concluyentes, ya que el mismo concepto de *convención* puede jugar roles diferentes en distintos contextos y se puede argumentar sobre dichos roles de manera diferente, precisamente por la diferencia en contextos. Respecto de 2), el mismo Stump (2018, p.45) reconoce que Poincaré no es consistente en esa distinción; en algunos casos, él también se refiere a los principios de la mecánica como *convenciones* que no son ni verdaderas ni falsas (al igual que los axiomas de la geometría). Finalmente, 3) es dudoso porque la elección de la geometría se hace, según Poincaré, por *conveniencia* o *simplicidad* y es difícil ver cómo se podría concluir que una geometría es más simple que otra si no fuera por la manera en que la usamos en la investigación empírica. Es decir, aunque la geometría no la establece ningún experimento particular, sólo en la investigación empírica es que podemos reconocer si su uso hace más *simples* a las teorías.

[141] Estas hipótesis se pueden poner a test mediante experimentos, sin embargo, Poincaré reconoce que dicho testeo puede ser problemático si se intenta hacer en conjunto. "Si construimos teorías basadas en un número de hipótesis, y si el experimento las condena ¿cuál de nuestras premisas es necesario cambiar? Sería imposible saberlo" (Poincaré 2015, p.134). Esta dificultad es básicamente el *holismo en la confirmación* que señala Duhem y al que regresaré en el capítulo 6.

[142] Gerhard Heinzmann (2009, p.172-174) resalta que, de hecho, hay dos clasificaciones de hipótesis que Poincaré ofrece. La primera es la que cito aquí y se encuentra en la introducción de *Ciencia e hipótesis*. La segunda se encuentra en el capítulo IX del mismo libro: "Debemos tener cuidado de distinguir entre diferentes clases de hipótesis. Primero, hay aquellas que son perfectamente naturales y de las que uno difícilmente puede escapar…Hay una segunda clase de hipótesis, la cual designaré neutral…Las hipótesis de la tercera clase son generalizaciones reales" Poincaré (2015, p.135-136). Las dos clasificaciones son mayormente consistentes. Heinzmann señala que la tercera clase de hipótesis de la clasificación del capítulo IX (generalizaciones reales) se refiere a la primera de la clasificación de la introducción (hipótesis verificables). La segunda clase de hipótesis de la clasificación del capítulo IX (neutrales) corresponde a la segunda de la clasificación de la introducción (las que son para 'fijar ideas'). No obstante, no es tan obvio que la tercera clase de la introducción (definiciones disfrazadas) y la primera del capítulo IX (las naturales) sean lo mismo. Heinzmann (2009) considera que ambas son lo que Poincaré llama convenciones, pero se distinguen entre sí por el proceso por el que se generan.

Estas últimas son, de acuerdo con Poincaré, los *principios* fundamentales de la ciencia. Él sostiene que, como sucede con el *principio de inercia*, estos principios fundamentales no se demuestran de manera concluyente mediante experimentos, pero tampoco son verdades necesarias *a priori*. Las del segundo tipo son herramientas de cálculo que se usan para simplificar los procesos. Finalmente, las *hipótesis* que se verifican mediante experimentos son las que forman la mayor parte de las ciencias empíricas.

Poincaré considera que hay presuposiciones necesarias para llevar a cabo la investigación científica y que tenemos alternativas para algunas de ellas, pero no para otras. Para él, los axiomas de la geometría euclidiana no son necesarios, pero sí considera que los de la aritmética son *a priori*. Desde mi punto de vista, lo que sucede es que Poincaré se da cuenta de que, por un lado, el descubrimiento de las geometrías no euclidianas sugiere que los fundamentos de la ciencia no son necesarios; pero, por otro lado, él aún considera que debe haber *principios* fijos, por lo que estaba tratando de identificar cuáles eran dichos principios.

De cualquier forma, como la mayor parte de las ciencias presuponen a la geometría, en la jerarquía de ciencias que propone Poincaré, las teorías se construyen de acuerdo con las *convenciones* que se tomaron al adoptar un sistema de geometría. Algunos investigadores, como Yemima Ben-Menahem (2001), han señalado que esto haría posible describir los mismos hechos mediante teorías diferentes. Esto es así debido a que, *si adoptamos convenciones diferentes, (podríamos adoptar, por ejemplo, un sistema de geometría no euclidiana), formularíamos teorías diferentes sobre los mismos hechos*. Más aún, en la lectura de Ben Menahem, esto no sólo significa que es posible dar descripciones teóricas fundamentalmente diferentes de los mismos hechos, sino que "él [Poincaré] hace la afirmación mucho más fuerte de que hay un *método constructivo* para, de hecho, producir tales descripciones equivalentes" (Ben Menahem 2001 p.487, énfasis en el original).[143] Sin

[143] Como señalan Friedman (1999) e Ivanova (2015), la organización jerárquica de las ciencias es un elemento que distingue al tipo de *subdeterminación* que formula Poincaré del defendido por otros autores de su época, en particular, lo distingue de Duhem.
Sin embargo, Stump considera que Poincaré no admite ninguna *tesis de subdeterminación* en absoluto. Stump (2015, p.46) señala que Poincaré firmemente rechaza la idea de un *convencionalismo general* en la ciencia que abarque a todas las teorías (como se aprecia en la respuesta a Édouard Le Roy en el capítulo X de *The Value of Science*). Además, Stump asocia ese rechazo al *convencionalismo* con un rechazo a la *subdeterminación*. De acuerdo con él, si fuera cierto que Poincaré tenía en mente una forma de *subdeterminación* para la geometría, entonces resultaría extraño que sólo sea *convencionalista* respecto de la geometría y no respecto de toda la ciencia. De acuerdo con Stump, esto se puede explicar señalando que Poincaré no tiene ninguna noción de *subdeterminación* y que su argumento contra la determinación empírica de la geometría se ha malentendido. Stump (2015, p.62-63) sostiene que el argumento de Poincaré no es que la geometría se deba someter a test en conjunto con leyes físicas, sino que sólo se puede atribuir una métrica

embargo, Poincaré nunca hace explícitamente esa afirmación, posiblemente porque, como veremos, él consideraba que la elección de convenciones no es arbitraria; más bien, él consideraba que, en la práctica, hay consideraciones que, en el proceso de construir teorías, proveen elementos para elegir entre convenciones alternativas.

4.2 La elección de convenciones de acuerdo con Poincaré

Poincaré es claro al rechazar que la elección de *convenciones* en ciencia sea arbitraria. Él señala que, aunque los principios de la mecánica pueden reducirse a una *convención*:

> Esta convención, sin embargo, no es absolutamente arbitraria; no emerge de nuestro capricho, la adoptamos porque ciertos experimentos nos han mostrado que sería la más *conveniente.* (Poincaré 2015, p.124, énfasis añadido)[144]

Aquí Poincaré señala dos cuestiones importantes; primero que es la experiencia la que nos muestra cuál convención debemos adoptar y, segundo, que la elección se hace por *conveniencia*. También en el caso de la geometría, Poincaré (2015, p.65) señala que elegimos la geometría euclidiana porque es la más *conveniente*. Respecto de en qué sentido es más conveniente la geometría euclidiana él afirma que es así:

> 1° Porque es la más simple; y no sólo lo es a consecuencia de nuestros hábitos mentales o de no sé qué intuición directa que podamos tener del espacio euclidiano, es la más simple en sí misma, justo como un polinomio de primer grado es más simple que uno de segundo...

---

al espacio por *convención*, ya que no hay ningún aspecto del espacio que, por sí mismo, nos permita fijar una de manera objetiva. En la lectura de Stump, el problema no es que las teorías en general estén *subdeterminadas*, sino que en el caso específico de la geometría hay un dato ausente: una unidad estándar natural para la medición de distancia. Como tenemos que escoger un estándar de medición y la geometría depende de esa elección, la geometría es *convencional*.

Considero que hay algunas dificultades con la conclusión de Stump. Como hemos visto más arriba, Poincaré (2015, p.81) sí dice explícitamente que frente a un resultado experimental (u observacional) recalcitrante podríamos, o bien, modificar leyes físicas, o bien, modificar la geometría. Considero que su argumento respecto de que lo que es *convencional* es la elección de estándares es correcto, pero es otra manera de plantear la misma cuestión. Definir un estándar de medición implica suposiciones sobre leyes físicas; ante un resultado recalcitrante, uno puede modificar las leyes de la física o el estándar con el que mide (lo que podría implicar cambiar la geometría).

Más aún, no veo cómo el argumento de Stump evita la *subdeterminación* de las teorías en general, ya que un argumento como el de Ben-Menahem (2001) mencionado se puede construir si se acepta que la geometría es *convencional*, independientemente del motivo por el cual lo sea. Es decir, debido a la estructura jerárquica, una elección de otra geometría resulta en otras teorías, independientemente de cómo llega Poincaré a la conclusión de que la geometría es *convencional*. Desde mi punto de vista, Poincaré rechaza la *subdeterminación* de las teorías en general debido a que considera que las convenciones son *fijas*. Un argumento como el que señala Ben-Menahem (2001) requiere que cambiemos las convenciones para obtener las descripciones equivalentes. Como veremos, Poincaré considera que la *simplicidad*, *unificación* y *alcance predictivo* que reconocemos en las teorías validan las *convenciones*, de tal manera que no resulta razonable cambiar dichas *convenciones*.

[144] Nótese que aquí, Poincaré explícitamente usa el criterio de *conveniencia* de una manera que parece similar a como lo usa Hertz.

> 2° Porque acuerda suficientemente bien con las propiedades de los sólidos naturales, aquellos cuerpos que nuestras manos y nuestros ojos comparan y con los que hacemos nuestros instrumentos de medición. (Poincaré 2015, p.65)

La *conveniencia* a la que se refiere Poincaré parece estar relacionada con la *simplicidad* en el *razonamiento matemático,* de acuerdo con la primera razón. De acuerdo con la segunda razón, la geometría euclidiana es más conveniente porque *coincide con la información de nuestros sentidos y nuestro uso de la medición científica*.[145] Es decir, Poincaré consideraba que, aunque no podemos determinar empíricamente que la geometría del espacio es euclidiana, nuestra experiencia sí nos motiva, de algún modo, a preferirla sobre otros sistemas de geometría. Él argumento parece recordar al de Helmholtz que vimos en la sección 2.4, con la diferencia de que parece más débil, en el sentido de que las sensaciones no determinan una geometría euclidiana, pero nos motivan a aceptarla. De acuerdo con Poincaré, "ninguna de nuestras sensaciones, en aislamiento, pudo habernos conducido a la idea del espacio; llegamos a ella sólo mediante el estudio de leyes, de acuerdo con las cuales estas sensaciones se suceden una a la otra" (Poincaré 2015, p.71). Es decir, lo que nos lleva a la idea del espacio que tenemos (y a la geometría euclidiana) es la manera en que integramos las sensaciones y la *experiencia cotidiana* que tenemos con el movimiento de objetos. "La experiencia nos guía en esta elección sin forzarla en nosotros; nos dice no cual es la geometría más verdadera, sino cual es la más conveniente" (Poincaré 2015, p.79-80).

De manera similar a Mach, Poincaré parece sugerir que la geometría Euclidiana, aunque no está determinada por la experiencia, es resultado de nuestra adaptación al mundo. "Esto significa que, por selección natural, nuestra mente se ha adaptado a las condiciones del mundo externo, por lo que ha adoptado la geometría más ventajosa para la especie; o, en otras palabras, la más conveniente. Esto es enteramente en conformidad con nuestra conclusión; la geometría no es verdadera, es ventajosa" (Poincaré 2015, p.91). En otras palabras, tanto los aspectos *cognitivos relevantes* del ser humano como los de las *prácticas de medición científica* motivan la elección de *convenciones*. Como señala el estudio de Godfrey Guillaumin (2022), es la posibilidad de integrar esos elementos lo que parece ser el motivo que Poincaré da para la elección de una *convención*. "Desde mi punto de vista, cuando Poincaré sostiene que la geometría euclidiana es la más conveniente, está ofreciendo

[145] Godfrey Guillaumin (2022, p.46) analiza y resalta la relación entre esta segunda razón de Poincaré para preferir la geometría euclidiana y las *prácticas de medición científica*. Guillaumin argumenta que tanto ésta como la primera razón enfatizan que el motivo para adoptar la geometría euclidiana es la manera en que ésta se *integra* con la cognición y con las prácticas de medición.

implícitamente un *juicio de la práctica*, el cual, entre otras cosas, consiste en evaluar recíprocamente medios y fines en situaciones específicas" (Guillaumin 2022, p.48, itálicas en el original).

En relación con este punto, es importante considerar que, al discutir el cálculo de probabilidades (capítulo XI de *Ciencia e hipótesis*), Poincaré plantea que *elegimos convenciones (necesarias en dicha área de estudio) con base en el buen sentido* (*bon sens*). Poincaré describe al *buen sentido* como una forma de *instinto*. "¿Se dirá que ese buen sentido [*bon sens*] es suficiente para mostrarnos qué convención debe ser adoptada?... No podemos deshacernos de este oscuro instinto. Sin él, la ciencia sería imposible, sin él no podríamos descubrir una ley o aplicarla" (Poincaré 2015, p.156-157). De acuerdo con Poincaré, ese tipo de *instinto* se requiere en la investigación experimental para determinar si (por ejemplo) los datos que se obtienen (en un experimento particular) se adaptan a una ley general y si las desviaciones se deben a errores de observación. "Este es un tipo de pregunta que uno siempre hace y que inconscientemente resolvemos siempre que hacemos trabajo científico" (Poincaré 2015 p.160). Es decir, Poincaré considera que, al menos, algunas de las *convenciones* que adoptamos las elegimos mediante un *juicio* que se apoya, entre otras cosas, en un tipo de instinto que sigue un razonamiento que no es del todo consciente y al que se refiere como *bon sens*.

A lo largo del capítulo XI de *Ciencia e hipótesis*, Poincaré intenta esclarecer la naturaleza de este *juicio*, pero reconoce, al final del capítulo, no haberlo logrado: "En las líneas precedentes he planteado muchos problemas sin resolver ninguno de ellos. Aun así, no lamente haberlas escrito, porque tal vez inviten al lector a reflexionar sobre estas delicadas preguntas" (Poincaré 2015, p.172). Sin embargo, sí señala que este juicio de *bon sens* se hace para establecer si una *hipótesis* es probable o no (por eso lo discute en el contexto de sus reflexiones sobre el cálculo de probabilidad). A grandes rasgos, él considera que el razonamiento para establecer probabilidad requiere supuestos que *no podemos justificar con razonamiento matemático*, aunque eso no quiere decir que sean supuestos irracionales. "Hay razones muy buenas, pero no hay nada matemático acerca de ellas; son puramente psicológicas" (Poincaré 2015, p.161).

En algunos momentos, Poincaré afirma que el *juicio* en cuestión se requiere para establecer probabilidades *a priori* (por ejemplo, en Poincaré 2015, p.170). Como mencioné brevemente en el capítulo 1, el (así llamado) 'problema de Duhem' se ha analizado con teorías bayesianas; las cuales atribuyen una probabilidad *a priori* a las hipótesis y, usando

el teorema de Bayes, intentan mostrar cómo los datos experimentales apoyan mejor a una sobre otra. Sin embargo, se ha criticado a este tipo de teorías porque no proveen un método claro respecto de cómo atribuir dichas probabilidades *a priori*. Ese es justamente el motivo por el que Poincaré considera que hace falta el tipo de *juicio instintivo,* o *bon sens*, que señala.

Por otra parte, Poincaré considera que las *convenciones* no las adoptamos sólo porque aceptamos nuestra ignorancia y necesitamos un punto de partida. "Existen numerosas compañías de seguros que aplican las normas del cálculo de probabilidades y distribuyen a sus accionistas dividendos cuya realidad objetiva no puede ser cuestionada. Invocar nuestra ignorancia y la necesidad de actuar no basta para explicarlos" (Poincaré 2015, p.158). El éxito del cálculo de probabilidad sólo se explica si hay *buenas razones* para adoptar las *convenciones* en las que se basa. Poincaré especula que si nuestras mentes pueden sacar conclusiones correctas de antemano, cuando encontramos fenómenos de probabilidad, es porque hemos observado hechos análogos similares y porque nuestra mente razona con base en ellos, aunque de manera inconsciente e imperfecta.

Finalmente, Poincaré parece concluir que el *juicio* que requiere la elección de *convenciones* en probabilidad (y que al inicio del capítulo se refiere como *bon sens*) es una forma del principio de razón suficiente, "Desafortunadamente este principio es muy vago y muy elástico, y en la examinación en curso que hemos hecho, hemos visto que toma muchas formas diferentes" (Poincaré 2015, p.173). Aquí hay que notar que (como veremos en el capítulo 7) Duhem también describe al *bon sens* como un término vago, pero que forma parte esencial de la investigación experimental.

Sin embargo, Poincaré también rechaza la idea de que algo como el *instinto* sea suficiente como para justificar la elección de una *convención*, a pesar de que sí juega un rol importante. De acuerdo con él, el problema es que no hay un valor objetivo para *juicios* basados en consideraciones instintivas de ese tipo. Esto se aprecia en su crítica a la filosofía de Édouard Le Roy (1870-1954), la que describe como una que considera fuentes del conocimiento al 'sentimiento' o 'instinto'. "El hecho es que esta filosofía anti-intelectualista…se condena a sí misma a ser intransmisible" (Poincaré 2015, p.322). Poincaré considera que el *instinto* puede ser una guía importante, pero no reemplaza el uso del intelecto para llegar a conclusiones. "Cierto, en el hombre hay otras fuerzas además de su intelecto…[el] corazón, el instinto, pueden guiarlo, pero no lo hacen inútil, pueden dirigir

la mirada, pero no reemplazar al ojo…" (Poincaré 2015, p.323). De manera que la justificación de una determinada *convención* se debe establecer de otra manera.

Considero que, para Poincaré, la elección de una convención se justifica de manera análoga a la elección de estándares de medición. Como mencioné en la sección anterior, la investigación de Peter Galison (2005) muestra que Poincaré trabajaba en un contexto en el que diferentes instituciones buscaban establecer *convenciones* acerca del uso de estándares de medición. De hecho, Poincaré constantemente compara la elección de geometrías con la elección del sistema métrico. "Las proposiciones fundamentales de la geometría, como por ejemplo los postulados de Euclides, no son más que convenciones y es tan irracional indagar si son verdaderos o falsos como preguntar si el sistema métrico es verdadero o falso" (Poincaré 2015, p.124). Es decir, *el término convención se usaba, en el contexto de Poincaré, en los intentos de coordinar prácticas de medición* entre países e instituciones. "Para apreciar este aspecto del uso de «convención» por parte de Poincaré, debemos reconocer que su referencia a pesos y medidas contiene la huella de todo un mundo de convenciones" (Galison 2005, p.90). En otras palabras, la *conveniencia* que sirve como criterio para la elección de *convenciones* es, para Poincaré, parte esencial de actividades prácticas de la época. *Es el éxito que tenemos en coordinar actividades prácticas lo que determina si la convención es adecuada*.

Poincaré señala que es debido a que la ciencia tiene éxito que podemos llamarla conocimiento. De acuerdo con él, hay muchas maneras en que podemos coordinar nuestras acciones, pero la ciencia se distingue en que lo hace de manera exitosa. Las reglas de un juego son arbitrarias, por lo que cualquier regla es tan buena como cualquier otra,

> la ciencia, al contrario, es una regla para la acción que es exitosa, generalmente al menos, mientras que la regla contraría no habría sido exitosa… Pero saber esto es saber algo…La ciencia predice, y porque predice es que puede ser útil y servir como regla para la acción…No hay escape de este dilema; o bien, la ciencia no nos permite predecir, y entonces no tiene valor como regla para la acción; o bien, nos permite predecir, de manera más o menos imperfecta, y entonces no carece de valor como medio de conocimiento. (Poincaré 2015, p.324)

En mi lectura de estas afirmaciones, Poincaré asocia el conocimiento que produce la ciencia con él hecho de que puede guiar nuestras prácticas *de manera exitosa*. A su vez, ese éxito está asociado con la capacidad predictiva de las teorías. El hecho de que podamos unificar diferentes áreas del conocimiento y hacer nuevas predicciones es lo que nos muestra que los

principios convencionales que hemos escogido son correctos. Es decir, *las consecuencias de los principios, o convenciones, son lo que usamos como testeo de los mismos*.

Sin embargo, Poincaré parece considerar, también, que el estado en el que se encontraba la ciencia de su época era suficiente para considerar que las *convenciones* que se habían usado eran correctas. En contraste con Hertz, Mach y Boltzmann, Poincaré parece sostener una concepción *fija* de las *convenciones*, como si pensara que ya se han testeado suficientemente. Aunque en algunos momentos Poincaré da a entender que sí podríamos llegar a cambiar *convenciones*, no queda muy claro en qué casos eso podría suceder. Más aún, en algunos casos Poincaré parece ser claro respecto de que las *convenciones* que hemos elegido ya no se cambiarán. Esto se aprecia, en particular, cuando él expresa su confianza en la geometría de Euclides. "Una geometría no puede ser más verdadera que otra; sólo puede ser más conveniente. Ahora, la geometría de Euclides *es, y seguirá siendo*, la más conveniente" (Poincaré 2015, p.65, énfasis en el original). La implicación es que él no concebía que la ciencia pudiera cambiar de tal manera que la geometría de Euclides dejara de ser la *convención* más *conveniente*. No obstante, otros autores de la época estaban dispuestos a aceptar una posición mucho más abierta a la corrección de las teorías y el uso de la geometría, como veremos en la siguiente sección.

4.3 Charles Sanders Peirce sobre el *buen sentido*: La experiencia familiar (cotidiana) y la experiencia especial (científica)

Al igual que Poincaré, Charles Sanders Peirce trabajó en una institución dedicada a implementar el uso de *estándares de medición* (la *U.S. Coast and Geodetic Survey*). La investigación científica de Peirce en metrología consistió, por ejemplo, en estudiar la posibilidad de definir estándares de medición de distancia (como el metro patrón) con base en el uso de longitudes de onda electromagnéticas.[146] Además, como en el caso de Poincaré, su trabajo en medición estuvo acompañado por importantes reflexiones sobre la investigación científica. En particular, la investigación de Peirce en medición posiblemente lo llevó a reconocer que, al usar *conceptos métricos*, el *razonamiento científico* se distingue del *razonamiento cotidiano*. Es decir, la manera en que los científicos razonan con precisión a partir de conceptos que están inexorablemente ligados a procesos de medición es un aspecto distintivo de la ciencia.

[146] Sobre la investigación de Peirce en metrología véase, por ejemplo, Crease (2009).

Sin embargo, que Peirce distinguiera el *razonamiento científico* del *cotidiano*, no implicaba que él considerara que este último careciera de interés. Al contrario, posiblemente es en el *razonamiento cotidiano* donde Peirce encontró claves acerca de cómo elegimos los *principios* de las teorías científicas. John E. Smith (1992, p.23-25) señala que un texto de Peirce, en particular, que muestra la importancia que él atribuía al *pensamiento cotidiano* de *sentido común* es el titulado *Logic and Spiritualism*. En este texto, Peirce (CP 6.562) distingue un tipo de experiencia que requiere el uso de instrumentos y habilidades especiales (como los que requiere la medición científica) de otro tipo de experiencia en el que estamos inmersos todo el tiempo y que nos es familiar. *El primer tipo de experiencia es la experiencia científica, mientras que el segundo consiste en la experiencia cotidiana.*[147] Peirce (CP 6.563) señala que solemos valorar a la experiencia científica por el descubrimiento de nuevos fenómenos y que eso nos hace prestar poca atención a la *experiencia cotidiana*, "aunque seguimos sus consejos sin reflexionar". Es decir, Peirce consideraba que el pensamiento de la *experiencia cotidiana* puede parecernos poco sofisticado, pero que, en realidad, influye en el pensamiento científico más de lo que normalmente reconocemos.

De acuerdo con Peirce (CP 6.567), la historia de la ciencia muestra que la investigación de, por ejemplo, el *principio de conservación de la energía* o de los fundamentos de la mecánica, comenzó a partir de proposiciones que eran "dictados del sentido común".[148] Aún hoy, muchas cosas que se dan por hecho en la investigación científica provienen de la *experiencia cotidiana*. "Un hombre científico es simplemente uno

[147] Como veremos a lo largo del capítulo 5, Duhem también concibe una distinción similar. Sin embargo, en el caso de Duhem la distinción es entre *experiencia cotidiana* y *experiencia de la física*, más que entre *experiencia cotidiana* y *ciencia en general*. Será importante está diferencia entre la distinción de Duhem y la de Peirce para el análisis de la sección 6.7 en la que veremos que, para Duhem, algunas áreas de la ciencia pueden considerarse dentro del ámbito de lo que él concibe como *experiencia cotidiana*.

[148] Algunos de los ejemplos que Peirce señala de esto (como la investigación de Arquímedes de la palanca, la de Stevinus sobre el plano inclinado y la de Huygens sobre los momentos de inercia), así como la afirmación de que tales investigaciones se basaban en dictados del *sentido común*, recuerdan notablemente los análisis de Mach en el libro *Desarrollo Histórico Crítico de la Mecánica*. En el caso de la investigación de Arquímedes, por ejemplo, Mach señalaba: "Imaginemos una barra, de cuyo peso prescindimos, con un punto de apoyo. Suspendemos a igual distancia de éste dos pesos iguales. Arquímedes parte de la hipótesis de que tales pesos están en equilibrio. Podría opinarse que tal hipótesis (en virtud del llamado principio de razón suficiente) es evidente, prescindiendo de toda experiencia, y que por la simetría de todo el dispositivo no hay razón alguna de rotación en un sentido más que en otro. Pero entonces se olvidaría, que en la hipótesis están incluidas un gran número de experiencias instintivas, involuntarias, *negativas* y *positivas;* negativas, por ejemplo, que el diferente color de los brazos de la palanca, la posición del espectador, un fenómeno en las proximidades, no tienen influencia alguna; positivas, en cambio…que no sólo los pesos, sino también las distancias al punto de apoyo son los factores que determinan la ruptura del equilibrio, los momentos determinantes del movimiento" (Mach 1949, 21). Es decir, Mach sostiene que la historia muestra que la ciencia comienza asumiendo creencias de *sentido común* y esto es lo que considero que Peirce está retomando.

que ha sido entrenado para conducir observaciones de una clase especial, con la que su negocio distintivo inicia y termina. No obstante, el razonamiento de la experiencia familiar juega un gran rol en la ciencia: pone los fundamentos indispensables, es necesaria en frecuentes coyunturas posteriores" (CP 6.568). Es decir, el rol de la *experiencia cotidiana* no se limita al punto de partida de una investigación, sino que incluye, también "coyunturas posteriores"; es decir, la *experiencia cotidiana* juega un rol al pasar de una etapa de la investigación a otra.

Con respecto a los fundamentos indispensables para la investigación científica, Peirce los considera particularmente confiables cuando estos los aporta la *experiencia cotidiana*. Esto es así a pesar de que el *razonamiento que llevamos a cabo en la experiencia cotidiana suele ser poco autocrítico*. Peirce considera que la psicología de su época había mostrado que había aspectos del razonamiento humano que no son del todo conscientes, a los que se refiere como la "parte oscura de la mente". Además, él consideraba que la psicología apoyaba las conclusiones de que: "(1) la parte oscura de la mente es la parte principal. (2) Actúa con una precisión mucho más infalible que el resto. (3) Es casi infinitamente más *delicada en sus sensibilidades.*[149] Las facultades inferenciales completamente conscientes del hombre no tienen delicadeza cuantitativa, excepto donde reposan en la aritmética y la medición, que son procesos mecánicos" (CP 6.569). En otras palabras, Peirce pensaba que hay *tipos de inferencias* que usamos en la *experiencia cotidiana*, las cuales se producen inconscientemente (o seminconscientemente), pero que exhiben mayor certidumbre que las inferencias conscientes (con excepción de las que utilizamos en el *razonamiento métrico*).[150]

De acuerdo con Peirce (CP 6.570), la particular certeza que puede tener el razonamiento de la *experiencia cotidiana*, a pesar de que suele ser seminconsciente, se debe a que sus conclusiones son producto de *hábitos* y reflexiones producidas durante generaciones. Él considera que la gente transmite sus impresiones y reflexiones a las siguientes generaciones a través de la tradición (y especula que, tal vez, por herencia congénita). Esto tiene como consecuencia que, por ejemplo, tengamos un *fuerte sentimiento*

[149] Considero que Duhem señala algo muy similar a lo que dice Peirce sobre los 'juicios intuitivos'. En particular, hay que notar que Duhem (1915/1991, p.24-25), cuando se refiere a la investigación experimental, asocia el concepto de *bon sens* con lo que Pascal llama espíritu de finura [*esprit de finesse*]. El concepto de "finura" parece poder evocar connotaciones similares a "delicadeza" y "sensibilidad", los términos que usa Peirce.

[150] En los siguientes capítulos veremos que Duhem, de manera similar, atribuye la certeza de la ciencia tanto al *sentido común* como al *razonamiento matemático*.

de rechazo hacia los *tabúes*, pues éstos son parte de esas conclusiones heredadas que consideramos ciertas, aunque no necesariamente somos completamente conscientes de cómo llegamos a ellas.

> Esta transmisión, de padre a hijo, de dictados de *buen juicio* hace crecer al sentido común. Basada en una gran experiencia ordinaria, una reserva de verdad mucho más valiosa que el conjunto de las experiencias especiales del hombre (científicas y extraordinarias), desarrollada en esa parte de la mente que funciona de manera más delicada e infalible, reconsiderada y revisada por incontables generaciones, tal conclusión, si es inequívoca y pertenece a la materia claramente dentro del *ámbito del buen sentido,* ¿quién se atreverá a discutirla? (CP 6.571, énfasis añadido)

Aquí, Peirce habla del *buen sentido* (que equivale al francés *bon sens*) como el ámbito de las conclusiones alcanzadas a lo largo de generaciones por una cultura. Dichas conclusiones las consideramos confiables y certeras, pero Peirce reconoce que no son infalibles. Para él, incluso el *sentido común* está sujeto al cambio a lo largo de la historia en un proceso de continua autocorrección. El proceso de autocorrección del *sentido común* es lo que, eventualmente, da lugar a la investigación científica. Sin embargo, las correcciones de la ciencia al *sentido común*, de acuerdo con Peirce, suelen ser mínimas cada vez que se producen. Peirce señala que, por ejemplo, a partir de cientos de datos de sensaciones, el *sentido comú*n nos ha producido una concepción clara del espacio. "Qué teoría tan simple, para reducir al orden tal infinidad de hechos complicados…Es concebible que la ciencia futura encuentre que algunos principios de la geometría son mediblemente erróneos. Tal descubrimiento sería el más notable jamás hecho por la ciencia. Y, aun así, ¡qué insignificante detalle comparado con lo que el sentido común nos ha enseñado del espacio!" (CP 6.572).[151] Es decir, aun el descubrimiento científico más notable que pudiera corregir al sentido común implicaría sólo una corrección menor.

Peirce incluso parece considerar que *no* necesariamente, en todos los casos, aceptaremos la corrección que la ciencia ofrezca al *sentido común*. Él señala que puede haber alguna conclusión que: "si su sustancia está en armonía con el *buen juicio* individual de la experiencia general [experiencia cotidiana], entonces la autoridad del sentido común, en cuanto a la verdad práctica de la conclusión (sujeta a modificaciones minuciosas), es tan importante que la experiencia especial [experiencia científica] difícilmente puede alcanzar

[151] Nótese que Peirce considera que nuestra noción del espacio viene del *sentido común*. Como veremos en la sección 5.2, Duhem sostenía una postura similar. Veremos, en el capítulo 8, cómo reaccionó Duhem precisamente al conflicto entre ese "descubrimiento más notable de la ciencia" y el *sentido común*.

la fuerza suficiente para derrocarla" (CP 6.574, énfasis añadido). Es decir, Peirce consideraba que habrá casos en que primero dudemos de la ciencia antes que del *buen juicio del sentido común.*

Sin embargo, y a pesar de la *continuidad* entre el pensamiento cotidiano y la ciencia, Peirce parece advertir, en otros de sus textos, que esta relación puede ser problemática de otra manera. "La verdad es que el sentido común, o el pensamiento como emerge por primera vez por encima del nivel de lo estrechamente práctico, está profundamente imbuido de aquella mala cualidad lógica a la que comúnmente se le aplica el epíteto *metafísico*; y nada lo puede remediar salvo un severo curso de lógica" (CP 5.369). Peirce parece considerar aquí que la manera en que hacemos *inferencias* en la *experiencia cotidiana* está integrada con supuestos *metafísicos* cuya validez se debe separar de la validez de las inferencias.[152] De acuerdo con él (CP 5.367), las inferencias que hacemos están determinadas por hábitos mentales y son válidas si, en general, produce conclusiones verdaderas. En mi lectura esto implica que las inferencias que utilizamos en la *experiencia cotidiana* deben ser válidas, al menos, en la mayoría de los contextos prácticos. La cuestión, a la que regresaré en el capítulo 8, es cómo reconocemos si esas inferencias siguen siendo válidas en nuevos ámbitos de investigación científica.

4.4 Peirce sobre la abducción o hipótesis

Peirce consideraba que las inferencias de la *experiencia cotidiana* (o *sentido común*), no sólo eran particularmente confiables, sino que jugaban un rol importante en la investigación científica. Esto era importante para Peirce porque, como vimos en la sección 3.4, en la época se consideraba que el estudio de diversos tipos de *inferencias* pertenecía al ámbito de la *lógica*. Peirce fue posiblemente el autor de la época que con mayor claridad reconocía la necesidad de una *nueva lógica de evaluación de teorías*. La aproximación de Peirce al estudio de la *lógica de la investigación científica* consistió más en el estudio de los distintos *tipos de inferencias* que en el de la aplicación de reglas mecánicas que hoy asociamos con el término lógica. "Aunque algunos ven una aproximación algorítmica, de múltiples pasos, a la ciencia como profundamente (incluso como definición de) lógica, su estrechez le habría parecido a Peirce rotundamente equivocada, más un síntoma de una crisis de confianza que

[152] Esta concepción de las *inferencias* como *hábitos mentales* parece similar a la que tenía Boltzmann sobre las leyes de la lógica. Pero, además, considero que la idea de que el *sentido común* incluye supuestos metafísicos, los cuales pueden generar confusión en cómo entendemos las inferencias como tales, puede explicar algunas de las críticas de Duhem hacia algunas teorías de la época, como veremos en el capítulo 8.

un valeroso paso hacia adelante" (Cowles 2020, p.10). En sus estudios de *lógica*, Peirce intentaba explicar, entre otras cosas, cómo es que los científicos reconocen qué *principios* son más adecuados para las teorías y cuales abandonar.[153]

En la sección anterior vimos que Peirce consideraba que algunos tipos de *inferencias* que usamos en la *experiencia cotidiana* son particularmente importantes para la investigación científica. Pero *¿qué tipo de lógica es la que subyace a los juicios prácticos de la experiencia cotidiana?* Puede no ser claro que Peirce tuviera una respuesta completamente satisfactoria a esta pregunta. Sin embargo, podemos notar que, en sus textos sobre *lógica*, Peirce enfatizó el estudio de un tipo de inferencia, que él consideraba que se usaba *tanto en ciencia como en la experiencia cotidiana*, a la que llamó *hipótesis* (en sus trabajos tempranos) o *abducción* (en textos posteriores).

La *hipótesis* o *abducción*, de acuerdo con Peirce, consiste en suponer una explicación para un fenómeno inesperado. "La hipótesis se da donde encontramos alguna circunstancia muy curiosa, que se explicaría al suponer que era un caso de una cierta regla general y en consecuencia adoptamos esa suposición…" (Peirce 2012a, p.236).[154] En otras palabras, Peirce consideraba que las operaciones mediante las cuales concebimos suposiciones razonables, que son capaces de explicar los fenómenos, constituyen un *tipo de inferencia* que previamente no había sido estudiado suficientemente. Él consideraba que este *tipo de inferencia* es crucial para la investigación científica; en algunos textos él incluso afirma que "La abducción debe cubrir todas las operaciones mediante las cuales se engendran teorías y concepciones" (CP 5.590). En particular la *abducción* sería el medio para concebir *hipótesis* explicativas.

Para clarificar más en qué consiste la *hipótesis* o *abducción*, Peirce señala, como ejemplo, un caso en el que viajó a una provincia de Turquía. En dicha provincia, al observar a un hombre a caballo rodeado de cuatro jinetes que sostenían un palio sobre su cabeza, *infirió* que dicho hombre era el gobernador. Esta *inferencia* es una *abducción* o *hipótesis*.

---

[153] Así como Mach explica que 'nuestra mente completa los hechos que observa' en una investigación, o Poincaré habla de un 'instinto al elegir convenciones', Peirce reconoce la necesidad de un juicio que requiere la investigación empírica y que no estaba suficientemente bien entendido. Para Peirce dicho juicio se basaba en un tipo de *inferencia* que debía ser estudiado con más detenimiento y atención del que se le había dado previamente.

[154] Nótese el contraste de Peirce con otros autores en la manera de enmarcar la discusión sobre la investigación científica. En contraste con Kant o Poincaré, para Peirce la investigación no comienza con principios necesarios *a priori* ni *convenciones*, sino con una dificultad; es decir, la investigación comienza con el encuentro con un fenómeno que demanda explicación.
Por otra parte, en el capítulo 6 veremos que Duhem justamente plantea el uso del *bon sens* para casos en los que un investigador encuentra fenómenos inesperados (resultados recalcitrantes en experimentos de testeo).

En otro ejemplo, él señala que los científicos, al encontrar fósiles de peces en regiones alejadas del mar, *infirieron* que dicha región estuvo alguna vez cubierta por agua.[155] De acuerdo con Douglas Walton "los ejemplos dados por Peirce no sólo ilustran lo que él quería decir con inferencia abductiva, sino que también muestran que él estaba consciente de que la abducción es común al razonamiento cotidiano, así como al razonamiento científico" (Walton 2005, p.5). Es decir que, al igual que Mach, *Peirce consideraba que la ciencia es una continuación del pensamiento cotidiano, lo que, en parte, se manifiesta en el uso de la abducción*.

Con todo, la capacidad de imaginar explicaciones para los fenómenos difícilmente es suficiente para caracterizar la investigación científica. De manera que Peirce también buscó clarificar algunas reglas de cómo se usa la *abducción* en la ciencia y cómo su uso se complementa con el de otros tipos de *inferencia*.[156] De acuerdo con Peirce (CP 2.634), hay al menos tres reglas que se deben seguir al usar inferencias abductivas. 1) se debe formular hipótesis de manera que sean claras las predicciones que se hacen de ella, 2) se debe buscar que éstas expliquen hechos adicionales a los considerados al formularlas y 3) se ha de notar honestamente los fracasos en un procedimiento *justo* y sin prejuicios.[157] Es decir, las hipótesis no sólo deben explicar los hechos que se investigan, sino que deben tener otras *consecuencias que se puedan someter a test*.

El hecho de que Peirce llame la atención sobre las consecuencias adicionales de las inferencias de *hipótesis* (o *abducción*) se debe a que él reconoce la complejidad que implica someter a test dicho tipo de inferencia. Esa complejidad se da porque la *abducción* no necesariamente lleva a conclusiones correctas en todos los casos, sin que por ello sea inútil o inadecuada. Una inferencia *abductiva* puede ser válida, incluso en casos en los que no lleva a conclusiones correctas. Peirce describe esta característica de la *abducción* diciendo

---

[155] Ambos ejemplos se encuentran en CP 2.625.

[156] Este último aspecto de la *abducción* (la manera en que su uso se complementa con otros tipos de inferencias en la investigación científica) lo enfatizó Peirce principalmente en sus trabajos tardíos. Sin embargo, considero que la manera en que él distingue la función de la *abducción* de otros tipos de inferencia, aun en trabajos tempranos, hace razonable suponer que esa era la idea desde el inicio. Es decir, la *abducción* no fue pensada por Peirce como reemplazo a otros tipos de inferencia. Como veremos, esto es claro en la manera en que él distingue (en textos tempranos), por ejemplo, cómo llegaron los científicos a la ley de Boyle (mediante inducción) y la manera en que llegaron a la teoría cinética (mediante abducción).

[157] Como hemos visto en la sección 1.3, Duhem hacía énfasis en virtudes como la honestidad o la *imparcialidad* al hablar del uso del *bon sens*, de manera similar a como Peirce lo hace al hablar de abducción. En esa sección vimos que varios autores recientes han intentado interpretar el *bon sens* de Duhem en términos de *epistemología de la virtud*, considero que ello no resulta más adecuado de lo que sería intentar lo mismo con la *abducción* de Peirce.

que es una inferencia *débil*. De acuerdo con él "Un argumento es válido si posee el tipo de fuerza que profesa y tiende hacia el establecimiento de las conclusiones de la manera en que pretende hacerlo" (CP 5.192). Es decir, las inferencias pueden ser válidas, aunque no garanticen que, partiendo de premisas verdaderas, llegaremos a conclusiones verdaderas. Esto hace a la *hipótesis* o *abducción* fundamentalmente diferente de las inferencias *deductivas*. Debido a esa debilidad de la *abducción* es que el proceso para someter a test sus conclusiones es complejo, ya que incluso cuando se hace correctamente (siguiendo las otras reglas que él señala) puede llevar a conclusiones falsas. El testeo de una *hipótesis* requiere, al menos, una variedad de consecuencias que se puedan investigar (además de que se explique el hecho bajo investigación).

En cuanto a la distinción entre *inducción* y *abducción* (*hipótesis*), aunque puede no ser tan clara en algunos casos, Peirce considera que consiste en que la segunda *infiere* un tipo de hecho diferente a los que se observan.

> Por medio de la inducción concluimos que hechos semejantes a hechos observados son verdaderos en casos no examinados. Por medio de la hipótesis, concluimos la existencia de un hecho bastante diferente de cualquiera observado, del que, según leyes conocidas, resultaría necesariamente algo observado. El primero es el razonamiento de particulares hacia la ley general; el segundo, del efecto a la causa. El primero clasifica, el segundo explica. (CP 2.636)

La noción de *explicación* a la que Peirce se refiere aquí consiste sólo en el hecho de que, a partir de las *hipótesis*, se puede deducir las observaciones como consecuencia.[158] En una *inducción*, por el contrario, son las observaciones las que llevan a una conclusión como consecuencia.

Nótese que Peirce asocia la distinción entre *inducción* y *abducción* con la diferencia que hay entre *leyes fenoménicas* y *teorías* que postulan entidades inobservables (como el atomismo). De hecho, Peirce señala que las *observaciones inductivas* de un físico, en un laboratorio, le permiten formular leyes que correlacionan variables a través de fórmulas matemáticas. La *ley de Boyle*, por ejemplo, correlaciona la presión y el volumen de un gas a temperatura constante. Estas leyes descansan en *inducciones*, puesto que sólo indican que

[158] Duhem sostiene que las hipótesis no explican fenómenos, en el sentido de que no nos ponen en contacto con una realidad que pueda subyacer a ellos, sino que, en conjunto, representan leyes en un sistema deductivo. Sin embargo, considero que la diferencia con Peirce es, en este caso, sólo con respecto a los términos que usan, ya que ambos consideran que las hipótesis son enunciados de los cuales se deducen leyes (Peirce llama a esto explicación, mientras que Duhem considera más adecuado llamarlo representación).

las mismas relaciones que se han observado previamente entre estas variables, en un gas, seguirán ocurriendo. Posteriormente, inferimos por *hipótesis* de las cuales se pueda *deducir* las leyes descubiertas.

> Por lo regular, estas fórmulas simples no son exactamente verdaderas, si es que alguna vez lo son, pero no por eso son menos importantes; y el gran triunfo de la hipótesis viene cuando explica no sólo la fórmula, sino también las desviaciones de la fórmula. En el lenguaje actual de los físicos, una hipótesis de esta importancia se llama una teoría… (CP 2.638)

En el caso de la ley de Boyle, Peirce señala que ésta se puede deducir de la *teoría mecánica del calor*, la cual explica dicha ley a partir de suposiciones sobre el movimiento de *moléculas* y *átomos*. Al contrario de Mach, Peirce no considera que las *hipótesis* exitosas, que hagan suposiciones sobre hechos inobservables, eventualmente sean reemplazadas por descripciones, puesto que esto implicaría reemplazar una *hipótesis* con una *inducción*. "Pero la esencia de la inducción es que, a partir de un grupo de hechos, infiere otro grupo de hechos similares, mientras que la hipótesis, a partir de hechos de un tipo, infiere hechos de otro" (CP 2.642). Está diferencia hace que una *hipótesis* no pueda ser reemplazada, en general, por *inducciones*.

Es importante notar que la manera en que Peirce distingue entre *leyes* y *teorías* es similar a la relación que planteaba Hertz entre, lo que este último llamaba, *teoría* y *representación.*[159] Sin embargo, Peirce plantea la distinción a partir de los t*ipos de inferencias* que utilizamos. La *inducción* nos permite clasificar hechos experimentales en leyes matemáticas, mientras que la *abducción* nos permite producir explicaciones (entendiendo explicación como principios a partir de los cuales se *deducen* las leyes en cuestión).

Por otra parte, en los capítulos y secciones anteriores, hemos visto que Mach, Boltzmann y Poincaré consideraban que hay aspectos de nuestro razonamiento que son *instintivos*. También Peirce señalaba esto al explicar el razonamiento de la *experiencia cotidiana*. Es justamente en su descripción de la *abducción* en que el aspecto *instintivo* del pensamiento se aprecia con más claridad. Peirce reconoce que, a pesar de las muchas *hipótesis* que podríamos concebir, los científicos suelen considerar sólo unas pocas. "Piensa en que trillones de trillones de hipótesis podrían hacerse de las cuales sólo una es verdad; y, sin embargo, después de dos o tres o, a lo más, una docena de suposiciones, el físico da casi

[159] Como veremos, esta descripción del papel de las hipótesis y su relación con las leyes de la física, también, es notablemente similar a la de Duhem que analizaré en la sección 5.5.

con la hipótesis correcta" (CP 5.172). Esto sucede, de acuerdo con él, porque los seres humanos poseemos una facultad o "iluminación interior [*insight*]" (CP 5.173). Esta facultad es producto de un *desarrollo evolutivo* que permite a los seres humanos *inferir* explicaciones plausibles. Debido a que se trata de un proceso *instintivo*, es difícil dar motivos explícitos para justificar las conjeturas que producimos.[160] Dicha facultad *instintiva*, aunque no es suficiente como para generar conclusiones siempre correctas, si lo es para generar más conclusiones correctas que erróneas.[161]

En consecuencia, una parte importante de la *abducción* consiste en cómo reconocemos qué *hipótesis* son las que debemos considerar, en la investigación científica, al encontrar los fenómenos que buscamos explicar. Peirce asocia ese reconocimiento de las *hipótesis* relevantes con los fines de la investigación.

> La cuestión es qué teorías y concepciones debemos considerar. Ahora, la palabra 'debemos' no tiene significado excepto relativamente a un fin. Debe hacerse lo que conduce a un cierto fin. La indagación, por tanto, debe comenzar con la búsqueda por el fin del pensamiento. ¿Para qué pensamos? …Si decimos que es la acción, debemos querer decir el gobierno de la acción hacia un fin. ¿A cuál fin? Debe ser algo bueno o admirable, sin miras a alguna razón ulterior. Esto sólo puede ser lo estéticamente bueno. Pero ¿qué es lo estéticamente bueno? ¿Tal vez podríamos decir que es la expresión completa de una idea? El pensamiento, sin embargo, es en sí mismo esencialmente de la naturaleza de un signo. Pero un signo no es un signo a menos que se transforme en otro más completamente desarrollado. El pensamiento requiere logros para su propio desarrollo y, sin ese desarrollo, no es nada. (PC 5.594)

En general, Peirce parece considerar difusa la idea de un fin último para la investigación, por lo que señala que, al menos, podemos identificar fines más inmediatos. De acuerdo con él, buscamos un 'desarrollo continuo en el pensamiento' que nos permita expresar una idea en situaciones cada vez más diversas. "…la idea valiosa debe ser eminentemente fructífera en aplicaciones especiales, mientras que, al mismo tiempo, siempre está creciendo hacia alianzas cada vez más amplias" (CP 5.595). Además, antes de llegar a esa conclusión, él menciona que un objetivo más inmediato del pensamiento es el de gobernar las acciones. Esto es consistente con lo que dice en otros de sus textos acerca de que "el establecimiento

---

[160] A pesar de que algunos han considerado el proceso de generar hipótesis como uno inconsciente, autores como Robert Burton (2000) consideran que podemos ejercer un control genuino, aunque limitado, del mismo. De hecho, Peirce habla de un criterio al que llama *economía de la investigación*, con el cual es posible reconocer qué hipótesis es más prometedora. También Mach y Duhem enfatizan el concepto similar de *economía intelectual*.

[161] Comparece esta descripción con las consideraciones de Mach sobre el *conocimiento instintivo* en la sección 3.2.

de la opinión es el único fin de la indagación" (CP 5.375). De acuerdo con él, "La creencia no nos hace actuar de inmediato, pero nos pone en tal condición que debemos actuar de alguna cierta manera, cuando la ocasión se presente. La duda no tiene ese efecto activo, pero nos estimula a indagar hasta que es destruida" (CP 5.373).

Así como Mach dice que los *juicios* que establece la investigación guían nuestras acciones, Peirce señala que la indagación produce creencias que tienen ese fin. Así como Boltzmann señala que las leyes de la *lógica* son hábitos mentales y que buscamos teorías que nos lleven a nuevos descubrimientos y aplicaciones, Peirce señala que las inferencias consisten en *hábitos* mentales y que buscamos un desarrollo *fructífero* del pensamiento. De manera similar a las *imágenes* teóricas de Hertz y a las *convenciones* de Poincaré, la *abducción* parece guiada por la búsqueda de alguna forma de *conveniencia*, es decir de asegurar algo que consideramos deseable. Tanto en el caso de Peirce como en el de los otros autores, se puede apreciar el intento de hacer explícito un tipo de *juicio práctico* que requiere la investigación, así como de entender sus características y alcances.

TERCERA PARTE:

SENS COMMUN Y *BON SENS* EN PIERRE DUHEM

Capítulo 5. *Experiencia cotidiana* y *experiencia en la física* según Duhem: Inducción y deducción

> "En el ámbito de las leyes de la observación reina el sentido común; sólo él, a través de nuestros medios naturales de percibir y de juzgar nuestras percepciones, decide lo que es verdadero y lo que es falso. En el ámbito de la representación esquemática, reina en solitario la deducción matemática: todo debe someterse a las reglas que impone. Pero entre uno y otro dominio se establece una circulación continua, un continuo intercambio de proposiciones e ideas". (Duhem, 2003, p.351-352)

Introducción

En el capítulo 1 vimos que se han propuesto múltiples interpretaciones de los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis*, pero sin tomar en cuenta las preocupaciones metodológicas y epistémicas de los autores de su época interesados en la física. También hemos visto, en los capítulos anteriores, que varios de estos autores reconocieron la necesidad de replantear la concepción que se tenía sobre las teorías y el uso de *hipótesis* en la investigación científica. En el capítulo 2, vimos que Hertz consideraba que había inconsistencias en la mecánica, las cuales él esperaba resolver proponiendo una reconstrucción de la misma en un sistema axiomático. Esa estrategia de Hertz implicaba reconocer a los *principios de las teorías* como *hipótesis* de trabajo y no verdades evidentes ni conclusiones de *inferencias inductivas*. Sin embargo, esto implicaba que había más libertad en la formulación de *hipótesis* de lo que tradicionalmente se había considerado. No hay motivo para pensar que, al estudiar un fenómeno, sólo un conjunto de *hipótesis* sería adecuado para explicarlo. De hecho, el propio Hertz discutió tres conjuntos de *hipótesis* (o imágenes teóricas) diferentes para la mecánica y argumentaba que podemos escoger entre ellas con criterios como la *conveniencia*. Mach y Boltzmann, por su parte, analizaron los tipos de *juicios* que hacemos en situaciones prácticas, su origen en *hábitos* o el *conocimiento instintivo*, así como su rol al usar *hipótesis* en la investigación científica. También, Poincaré y Peirce reconocieron que las prácticas de medición científica ejemplifican el uso de *juicios prácticos*, comunes a la ciencia y a la *experiencia cotidiana*, que son esenciales para el uso de *hipótesis*.

Aunque podríamos formular un número indeterminado de *hipótesis* especulativas al investigar un fenómeno, ya que no necesitan ser verdades evidentes ni resultado de *inducciones*; los autores revisados en los capítulos anteriores sostenían que había

consideraciones que controlan el uso de dichas *hipótesis*. Esas consideraciones incluían criterios y *juicios* similares, de alguna manera, a los que usamos en situaciones *prácticas* cotidianas y considero que por eso ellos utilizan términos como *conveniencia, simplicidad, convención*, etc.

La idea de los autores revisados, respecto de que el uso de *hipótesis* requiere *juicios* y criterios similares a los que típicamente usamos en situaciones prácticas, hace relevante indagar si Duhem también compartía esta posición. Al revisar *La teoría física*, de hecho, resulta interesante notar que Duhem contrasta continuamente los conceptos, leyes y razonamientos que él considera que caracterizan a la *experiencia cotidiana* con los de la *experiencia de la física*. Dicho contraste no sólo le permite a Duhem explicar cómo entiende a la física, sino que también revela las funciones que él atribuye a diferentes tipos de *juicios* e *inferencias*. Es decir, aunque Duhem no explica de manera clara y sistemática cómo entiende el razonamiento en la *experiencia cotidiana*, él lo contrasta continuamente con el de la *experiencia de la física*. *Ese contraste permite sacar algunas conclusiones relevantes acerca de cómo Duhem entendía la lógica de la investigación en física*.

Por ejemplo, veremos que, contrario a lo que algunos autores han sostenido, Duhem reconoce la importancia de las *inferencias inductivas* y les asigna importancia tanto en el *razonamiento de la física* como el de la *experiencia cotidiana*. Sin embargo, ese papel que Duhem asigna a la *inducción* sí queda *restringido* a ciertas funciones, puesto que enfatiza más el uso de *inferencias deductivas* en física. La formulación de conceptos, leyes e hipótesis se hace de tal manera que faciliten el razonamiento deductivo. En particular, Duhem considera que los conceptos de la física se distinguen de los de la *experiencia cotidiana* por este motivo. De acuerdo con él, los conceptos de la *experiencia cotidiana* representan *cualidades* de los fenómenos que reconocemos con nuestros sentidos, mientras que los conceptos de la física son *métricos*, es decir, representan aspectos de los fenómenos mediante el uso de *operaciones de medición* (como también reconocían Poincaré y Peirce). Que los conceptos de la física sean *métricos* permite utilizarlos para formular leyes y teorías que puedan usarse en *razonamientos matemáticos*, lo que también hace posible entender a las teorías como *sistemas deductivos*. Esto es consistente con la estrategia de Hertz para resolver las dificultades de la física de la época (como vimos en el capítulo 2).

El objetivo de este capítulo es *analizar la distinción de Duhem entre la experiencia cotidiana (de sentido común o sens commun) y la experiencia de la física, con el fin de identificar, a partir del contraste, cómo concibe la lógica de la investigación (es decir, las*

funciones que él atribuye a las inferencias inductivas y deductivas).[162] En otras palabras, este capítulo busca identificar y analizar la concepción, implícita en la obra de Duhem, de la *lógica de la investigación en física*; entendiendo lógica en un sentido amplio, como se usaba en la época. Para ello, analizaré cómo describe Duhem la función de las inferencias *deductivas* y la función de las inferencias *inductivas*, apoyándome en los contrastes que él resalta entre la *experiencia de física* y la *experiencia cotidiana*.

Veremos, en los siguientes capítulos, que Duhem utilizará la distinción entre *experiencia de la física* y *experiencia cotidiana* para responder a la dificultad que reconocían los autores de su época sobre el *testeo de hipótesis*; él considera que, cuando resultan insuficientes los juicios e inferencias (deductivas e inductivas) que típicamente se usan en física, el físico puede recurrir a un tipo de *juicio* del ámbito de la *experiencia cotidiana*: el *bon sens*.[163] Es decir, al igual que otros autores de la época, en este capítulo veremos que Duhem restringe la función de los *juicios* elaborados mediante *inducción* o *deducción*, de tal manera que la investigación en física requiere tipos de *juicios* adicionales; los cuales él identifica con los que se utilizan en el ámbito de la *experiencia cotidiana*. Aunque los conceptos y juicios de la *experiencia cotidiana* no tienen el grado de rigor y claridad, de acuerdo con Duhem, que se necesita para la investigación en física, él sí les atribuye un alto grado de certeza y considera que hay casos específicos en que se pueden usar dichos conceptos y *juicios* en física. En pocas palabras, *la concepción de Duhem respecto de cómo se relacionan los conceptos y juicios de la experiencia cotidiana con la física, que es el tema de este capítulo, será la base de su respuesta a la elección de hipótesis*.

5.1 El rechazo de Duhem al método newtoniano y su posición respecto de la inducción

Un punto de partida natural para el análisis de la concepción de Duhem, respecto a la *lógica* del uso de *hipótesis* en física, es considerar su rechazo a lo que él llamaba *método newtoniano*. En el libro *La Teoría Física: su objeto y estructura* (en adelante *La Teoría Física*) Duhem crítica al *método newtoniano* (en la segunda parte del libro, capítulo 4,

[162] En este capítulo y los que siguen, utilizaré principalmente el libro *La Teoría Física* de Duhem, pero recurriré ocasionalmente a otros de sus textos.

[163] Que Duhem sostiene esto no es obvio, por lo que argumentaré al respecto en la sección 6.7.

secciones IV y V), describiéndolo como la idea de que las *hipótesis* en física pueden inferirse por *inducción*[164]. Al justificar su rechazo a dicha idea, señala:

> Es que hay dos escollos inevitables que impiden al físico utilizar la vía puramente inductiva. En primer lugar, no hay ninguna ley experimental que pueda ser utilizada por el teórico si antes no ha sido objeto de una interpretación que la convierte en una ley simbólica, y esta interpretación implica la adhesión a todo un conjunto de teorías. En segundo lugar, ninguna ley experimental es exacta, sino solamente aproximada, de modo que es susceptible de una infinidad de traducciones simbólicas distintas. Y entre todas estas traducciones, el físico ha de elegir la que proporcionará a la teoría una hipótesis fecunda, sin que sea la experiencia la que guíe su elección. (Duhem 2003, p.262-263)

Aquí Duhem sostiene que la razón por la que las *hipótesis* no pueden considerarse resultado de *inducciones* es porque las *leyes experimentales* se tienen que traducir en *leyes simbólicas*, lo cual se puede hacer de varias maneras.[165] Para entender este argumento será necesario clarificar el uso de algunos de los términos que usa Duhem.

Como vimos en los capítulos anteriores (en especial en el capítulo 2), a inicios del siglo XX (y antes) se consideraba que las *teorías* de la física consistían en sistemas *deductivos*. En generaciones previas a Duhem, se asumía que los *principios de deducción* de estos sistemas eran resultado de *inferencias inductivas* a partir de experimentos y la observación; mientras que las consecuencias de las teorías se podían obtener por *deducción*. En general, esta concepción sostenía que los *principios* de las *teorías* no podían ser simplemente inventados y que sólo la *inducción* garantizaba que no fueran arbitrarios.

Duhem compartía la concepción de las *teorías* como *sistemas deductivos*, pero rechazaba (al igual que Hertz y Mach) que los principios de deducción fueran resultado de *inducciones*: "esos principios podemos denominarlos *hipótesis* en el sentido etimológico del término, ya que son realmente los fundamentos sobre los que se construirá la teoría…" (Duhem 2003, p.22, itálicas en el original). Es decir, l*as hipótesis son los principios de*

---

[164] Hay que recordar que, aunque la *inducción* se puede entender de diferentes maneras, Duhem se refiere sólo a *inducción simple o enumerativa*. No todos los autores de la época compartían esa concepción de la *inducción*. En la sección 2.4 vimos que Helmholtz, por ejemplo, tenía una concepción más sofisticada. Sin embargo, hacia finales del siglo XIX sí era común entender a la *inducción* a la manera estrecha de Duhem. Laura J. Snyder (2009) sugiere la posibilidad de que la amplia influencia de John Stuart Mil en varios autores del siglo XIX haya contribuido a esa concepción: "El *Sistema de Lógica* de Mill promovió y popularizó una visión de la inducción como una operación lógica más bien estrecha, involucrando sólo formas eliminativas y enumerativas de razonamiento…No obstante, antes de Mill, el término inducción solía referir a una operación lógica más amplia…" (Snyder 2009, p.73).

[165] Esta afirmación parece sugerir que Duhem considera que las *leyes experimentales* sí son resultado del uso de la inducción. Regresaré a este punto más adelante.

deducción, o premisas, del sistema de proposiciones que conforman la *teoría*. Pero al rechazar que dichos principios sean resultado de *inferencias inductivas*, Duhem rechazaba la concepción tradicional de las *teorías* a la que él se refiere como *método newtoniano*. Consecuentemente, Duhem (2003, p.290-291) señala que los únicos requisitos que deben cumplir las *hipótesis*, o principios de deducción de las teorías físicas, son los de ser lógicamente consistentes y que de ellas se pueda deducir el mayor número posible de *leyes experimentales*.

Dado el rechazo al *método newtoniano*, parece claro que la *lógica del testeo de hipótesis*, para Duhem, no consiste en una *lógica inductiva*, pero la cuestión no es tan simple. A pesar de lo dicho por Duhem sobre la *inducción*, resulta extraño encontrar que él *siguió refiriéndose a diversas conclusiones de la física como producto de inferencias inductivas* en muchos de sus textos. En el mismo libro de *La Teoría Física*, por ejemplo, Duhem menciona que, en los estudios sobre la presión osmótica, "…la *inducción experimental* proporcionaba a Raoult las leyes necesarias para el progreso de la nueva doctrina…" (Duhem 2003, p.122, énfasis añadido). Un análisis apropiado de cómo concebía Duhem la *lógica del testeo de hipótesis* requiere clarificar, entre otras cosas, cuál consideraba él que era la función de las i*nferencias inductivas*.

Anastasios Brenner (1990b) explica los comentarios de Duhem (sobre la *inducción*) sosteniendo que evidencian un cambio de opinión. Es decir, Brenner sostiene que Duhem defendió la idea de que las *hipótesis* son resultado de la inducción *al inicio* de su carrera, pero que abandonó dicha idea posteriormente. Por ejemplo, en un artículo temprano (de 1892), titulado ""Quelques réflexions au sujet des théories physiques" [Algunas reflexiones sobre las teorías físicas], Duhem dice que "La mente llega al entendimiento de las *leyes experimentales* a través de la inducción, transformando los hechos que ha llegado a entender" (Duhem, p. 1892/1996, p.1, itálicas en el original). En este artículo, Duhem también sostiene que *algunas* leyes experimentales pueden cumplir el rol de las *hipótesis* como principios de las teorías. Sin embargo, aun en este mismo texto él también afirma: "la física nos presenta varias teorías que se aproximan a este ideal más o menos. No nos ofrece ninguna teoría que lo realice completamente" (Duhem 1892/1996, p.6). Estos comentarios anticipan la tesis, defendida en *La Teoría Física*, de que el método que consiste en inferir todas las *hipótesis* a partir de la *inducción* es impracticable.

Brenner (1990b) sostiene que, cuando Duhem escribió su artículo de 1892, él no había desarrollado aún su crítica contra el *método inductivo* y que ésta apareció en los años

siguientes. Brenner interpreta el comentario de Duhem, respecto de que ninguna teoría cumple el *ideal de inferir sus hipótesis mediante inducciones*, como una afirmación de que sólo la *teoría ideal* podrá cumplirlo cabalmente. Pero, de acuerdo con él, Duhem sí consideraba que, idealmente, las *hipótesis* se debían inferir por *inducción*. Brenner considera que fue sólo hasta desarrollar otras de sus tesis (como la crítica a los *experimentos cruciales* y la tesis del *holismo* que veremos en el siguiente capítulo) que Duhem rechazó completamente el *método inductivo*.[166] No obstante, Brenner parece tener problemas para señalar una época específica para este abandono por parte de Duhem. Las tesis de Duhem que supuestamente lo llevaron a rechazar el *método inductivo*, el *holismo* y la crítica a los *experimentos cruciales*, están presentes desde 1894.[167] Pero, de acuerdo con Brenner, Duhem sólo rechaza completamente el método inductivo hasta *La Teoría Física* (que se publicó por primera vez en 1906). Y aún en *La Teoría Física*, como hemos visto, Duhem da ejemplos de leyes de la física como resultado de *inferencias inductivas*. Podría responderse a esta última cuestión que tales comentarios pueden ser consecuencia de que Duhem reutilizó material de algunos de sus textos previos al escribir *La Teoría Física.*[168] Pero él siguió señalando leyes de la física como resultado de *inducciones*, aún en obras más tardías. En *Le système du monde*, por ejemplo, Duhem se expresa con admiración del filósofo del siglo XIV Jean Buridán señalando como:

> Con gran claridad, con gran precisión, Buridán nos ha descrito su método filosófico…él se limitará por tanto a preceder a posteriori, a establecer por *inducción* leyes de origen experimental, a combinar hipótesis con las que nos declararemos satisfechos cuando hayan salvado, tan simplemente como sea posible, todas las apariencias. (Duhem, 1913/1954, p.728-729, énfasis añadido)

Explícitamente, Duhem sigue sosteniendo que lo correcto era *establecer leyes mediante inducción.*[169]

Una explicación diferente a la de Brenner, sobre los comentarios de Duhem respecto de la *inducción*, la da Jules Vuillemin (1991, p.XXII-XXIII). Vuillemin nota que Duhem se

---

[166] Brenner considera que su reconstrucción de cómo evolucionó el pensamiento de Duhem, respecto del método inductivo, es consistente con los comentarios del mismo Duhem (2003, p.362-365).

[167] Véase Duhem (1894/1996).

[168] De hecho, Martin (1991, p.104) sostiene que *La teoría física* se escribió, precisamente, a partir de material previo. Concretamente, Duhem (1893/1996) y (1894/1996) son los artículos que contienen ya buena parte de los argumentos de *La teoría física*, en algunos casos, casi palabra por palabra.

[169] Martin data el descubrimiento por parte de Duhem de la física medieval alrededor de 1903, por lo que resulta implausible que estos comentarios sobre Buridan estuvieran basados en algo que él escribió antes de rechazar el *método inductivo*.

refiere a varias leyes de la física (por ejemplo, las de Kepler) como resultado de *inducciones* y sugiere que, para Duhem, sólo algunas leyes de la cinemática celeste son inicialmente resultado de *inducciones*. De acuerdo con Vuillemin, debido a que Duhem es partidario de una postura conocida como *energetismo* (según la cual el área más fundamental de la física es la termodinámica), éste esperaba que todas las leyes de la física pudieran reconstruirse como derivadas de las leyes de la termodinámica. Así, leyes como las de Kepler sólo serían vistas como resultado de *inducciones* antes de ser reconstruidas formalmente como consecuencias de las teorías de la física basadas en leyes termodinámicas no inductivas.

Aunque considero que la explicación de Vuillemin va en la dirección correcta, se debe admitir que Duhem da ejemplos de leyes de la termodinámica que él señala como resultado de i*nducciones*, lo que hacen cuestionable el argumento de Vuillemin. Esto se aprecia en algunos ejemplos de Duhem en los que argumenta contra la supuesta utilidad de los *modelos* de los físicos británicos para producir nuevos descubrimientos.[170] Los estudios que se habían hecho con relación a las transiciones de fase de los fluidos se asociaban con el uso de *modelos* en física, pero Duhem consideraba que dichos *modelos* no habían jugado un rol importante en generar nuevos descubrimientos. "A la idea de continuidad entre el estado líquido y el estado gaseoso llegó Andrews gracias a una *inducción experimental*. Y fueron también la *inducción* y la generalización las que condujeron a James Thomson a concebir la isoterma teórica" (Duhem 2003, p.122, énfasis añadido). Tanto el trabajo de Thomas Andrews (1813-1885) como el de James Thomson (1822-1892) habían sido en termodinámica. Es decir, hay leyes termodinámicas a las que Duhem se refiere como resultado de *inducciones*.

Adicionalmente, cabe mencionar que, como señala Paul Needham (2002, p.XX), el *energetismo* de Duhem no implicaba el proyecto reduccionista que Vuillemin parece atribuirle. Al contrario, el *energetismo* de Duhem rechaza el reduccionismo, popular en la época, que buscaba reducir las teorías de la física a la mecánica. Duhem sostenía, más bien, que tanto los conceptos de la mecánica como los de la termodinámica debían tomarse como fundamentales, sin pretender reducir unos a otros.

[170] Ya hemos visto, en la sección 3.4, cómo los modelos se habían vuelto importantes en la época y habían influido el trabajo de investigadores como Boltzmann y de quienes defendían las teorías atomistas. Duhem, sin embargo, era escéptico del uso de modelos en física, ya que consideraba que muchos físicos los usaban de maneras inconsistentes. Profundizaré sobre esta cuestión en la sección 6.4.

5.2 Las leyes y conceptos de la física y de la experiencia cotidiana según Duhem

Al considerar con detenimiento los comentarios de Duhem sobre la *inducción*, podemos observar que, cuando rechaza el uso de la *inducción* él se refiere a la formulación de *hipótesis*. Pero después, Duhem señala varias *leyes de física* como resultado de *inferencias inductivas*. Esto parece sugerir que *Duhem distingue hipótesis de leyes*. Hacer tal distinción sería consistente con la práctica de otros autores de la época. Hertz, por ejemplo, distingue *leyes*, como las de Maxwell (que consisten en relaciones matemáticas de conceptos físicos) de su *representación*, que consiste en un marco conceptual que explica tales leyes. Duhem no diría que las teorías son explicaciones de leyes, pero sí sus *representaciones*. La diferencia entre Hertz y Duhem es, a este respecto, sólo terminológica.[171] Más interesante aún es el caso de Peirce quien, como vimos en la sección 4.4, explícitamente señala que las leyes, como la *ley de Boyle*, son producto de inducciones, pero que las *hipótesis* de la t*eoría cinética* (de la cual se puede deducir dicha ley) *son producto de una inferencia diferente*.[172]

Sin embargo, la cuestión se complica debido a que Duhem no siempre fue suficientemente claro con la terminología que utiliza. Cuando rechaza el *método newtoniano*, por ejemplo, Duhem sostiene que éste es impracticable porque "no hay ninguna ley experimental que pueda ser utilizada por el teórico si antes no ha sido objeto de una interpretación que la convierte en una ley simbólica, y esta interpretación implica la adhesión a todo un conjunto de teorías" (Duhem 2003, p.262-263). Una cuestión aquí es ¿a qué se refiere él con *leyes experimentales* y *leyes simbólicas*? y ¿cuál es la diferencia entre éstas y las *hipótesis*? Responder a estas cuestiones es lo bastante complejo como para ocupar ésta y las dos secciones siguientes.

Una posibilidad es que la distinción entre *leyes experimentales* y *leyes simbólicas* derive de la otra distinción que Duhem sostiene entre el *lenguaje de la física* (al que se refiere como *lenguaje simbólico*) y el *lenguaje de la experiencia cotidiana o de sentido común (sens*

[171] Duhem crítica varias de las ideas de Hertz, pero por motivos diferentes, como el uso que hace este último de las ecuaciones de Maxwell.

[172] Como vimos en la sección 4.4, Peirce explícitamente distingue el tipo de inferencia mediante la cual se formulan leyes (la *inducción*) del tipo de inferencia por la que se infieren hipótesis (*abducción*). Como veremos, el aparente conflicto entre el rechazo de Duhem al *método inductivo* y la manera en que constantemente se refiere a las leyes como resultado de inducciones se resuelve si suponemos que él distingue leyes de hipótesis de manera similar a como lo hace Peirce.

commun)[173]. En *La teoría física,* Duhem distingue dos formas de experiencia: la *experiencia cotidiana* y la *experiencia de la física*. A grandes rasgos, Duhem consideraba que los términos del lenguaje de la *experiencia cotidiana (de sentido común o sens commun)* se refieren a objetos que podemos reconocer mediante el uso de nuestros sentidos. Por su parte, los términos del *lenguaje simbólico* son magnitudes que se definen mediante teorías y el uso de instrumentos de medición.[174]

Tradicionalmente, la distinción entre *términos de la experiencia cotidiana* y *términos de física* que plantea Duhem se ha entendido en filosofía de la ciencia como la distinción entre *términos observables* y *términos teóricos (o inobservables)*.[175] Sin embargo, considero que esa manera de plantear la distinción se presta a confusión, puesto que sugiere que los *términos teóricos* son cosas ocultas (completamente inaccesibles a los sentidos) como átomos. Pero la distinción, como la propone Duhem, no está dirigida a distinguir lo que podemos observar de lo que no. Al describir un ejemplo de una ley de física, por ejemplo, Duhem (2003, p.192) describe al *volumen* de un objeto macroscópico como un *término teórico*. Lo que hace teórico a un término, para Duhem, es la necesidad de utilizar teorías e instrumentos de medición para formularlo y usarlo con precisión. El ejemplo que Duhem propone es el de la ley de Mariotte (o ley de Boyle), la cual afirma que: '*para un gas a temperatura constante, el volumen es inversamente proporcional a la presión a la que se encuentra sometido*':

> Para llegar a la primera abstracción, el valor del volumen ocupado por el gas, y hacer que se corresponda con el hecho observado, es decir, que el mercurio llega a una marca determinada [en el instrumento de medición utilizado], ha habido que *aforar* el tubo, es decir, recurrir no sólo a las leyes de la aritmética y de la geometría, sino también a la noción abstracta de masa, a las hipótesis de la mecánica general y de la mecánica celeste que justifican el uso de la balanza para comparar masas; ha sido necesario saber el peso específico del mercurio a la

[173] Duhem utiliza varios términos que se pueden traducir como sentido común. Aquí él utiliza *sens commun,* pero en otros contextos, con otros propósitos parece preferir el término *bon sens*. Algunos autores han sostenido que Duhem utiliza ambos términos, *sens commun* y *bon sens*, de manera diferente. Esto es importante porque el término *bon sens* es el que Duhem utiliza al hablar del *testeo de hipótesis*. A lo largo de este capítulo, sin embargo, veremos sólo cómo Duhem utiliza el término *sens commun*, que es con el que describe a los términos y leyes de la *experiencia cotidiana*. En el siguiente capítulo veremos el uso que él hace del término *bon sens* y su distinción del término *sens commun*.

[174] Como vimos en la sección 3.1, Mach también enfatiza que la formulación de conceptos depende del tipo de práctica en la que éstos se utilizaban. Duhem no presenta un análisis tan detallado como el de Mach sobre la formulación de conceptos, pero implícitamente parece tener una concepción similar al distinguir a los conceptos utilizados en física de los que usamos en la experiencia cotidiana.

[175] Milena Ivanova (2021, p.4), por ejemplo, describe la distinción de Duhem como una entre entidades observables y entidades inobservables.

> temperatura en que se realiza ese aforamiento y, para ello saber cuál es ese peso específico a 0°, cosa que no se puede hacer sin recurrir a las leyes de la hidrostática; ha habido que conocer la ley de dilatación del mercurio, que se determina mediante un aparato en el que figura un visor y, por consiguiente, se han supuesto determinadas leyes ópticas. Es decir, que para llegar a concebir esta idea abstracta, el volumen ocupado por el gas, ha sido necesario conocer de antemano muchísimos aspectos de la física. (Duhem 2003, p.192, itálicas en el original)

En otras palabras, para atribuir un cierto *volumen* a un gas es necesario llevar a cabo una serie de operaciones de medición. Los instrumentos, materiales y teóricos, que se utilizan en dichas operaciones son indispensables para conectar *términos* con hechos concretos.[176] La distinción entre *términos de sentido común* (*sens commun*) y *términos de física* (o teóricos) está relacionada con esa necesidad de usar una variedad de *teorías* e instrumentos de medición para el uso apropiado de los últimos; no, principalmente, con lo que podemos observar y lo que no. Para atribuir un cierto volumen a un gas, por ejemplo, usamos instrumentos de medición y teorías físicas. En contraste, no necesitamos más que nuestros sentidos para reconocer aquello que designamos con términos como 'caballo'. "Del mismo modo que las leyes del sentido común están basadas en la observación de los hechos por los medios que son naturales en el hombre, las leyes de la física están basadas en los resultados de los experimentos de la física" (Duhem 2003, p.217). Los *términos teóricos* (*simbólicos* como los llama Duhem) no se refieren necesariamente a entidades ocultos o inobservables, más bien son una manera refinada de referirse a lo que reconocemos en la experiencia.[177]

Mark Wilson (2017) sostiene que Duhem enfatiza la distinción entre *conceptos o términos de sentido común* y *conceptos de la física*, principalmente, porque favorece la estrategia de Hertz (que vimos en el capítulo 2) para remediar las dificultades de la física de

---

[176] Como enfatiza Karen Darling (2002), la manera en que Duhem relaciona los conceptos de la física con el uso de teorías e instrumentos es lo que da lugar al *holismo en la confirmación*, el cual analizaré con más detenimiento en el siguiente capítulo.

[177] Un ejemplo que Duhem (2003, p.223-225) usa es el de enunciar la posición del sol. En el lenguaje de sentido común, podemos decir que el sol está en su punto más alto, mientras que en el lenguaje simbólico decimos que está a tantos grados de altitud. La cuestión no es si el sol es observable o no, más bien, lo que importa es que para enunciar su posición en el lenguaje simbólico necesitamos instrumentos para medir grados, una teoría matemática y una teoría óptica.
Filósofos posteriores, como Ernest Nagel (1961, p.79-80), trataban de mantener esta concepción, pero introdujeron los términos de 'observable' e 'inobservables'. Posiblemente, poner la discusión en esos términos es lo que ha dirigido las discusiones sobre el *realismo científico* hacia cuestiones sobre si los objetos como los átomos son reales en el mismo sentido que pueden ser los árboles u otros objetos de la *experiencia cotidiana*. Por interesante que sea esa discusión, es importante tener en cuenta que eso no parece ser lo que Duhem tiene en mente al distinguir entre términos teóricos y términos de sentido común. En mi lectura, él parece más preocupado por la *diferencia en los procesos* que seguimos para formular y utilizar ambos tipos de términos.

la época. Como vimos, había conceptos en la época que habían acumulado demasiadas asociaciones en el lenguaje científico y no todas eran congruentes. Por ello, Hertz había propuesto definir con claridad nociones básicas y reconstruir las teorías como *sistemas axiomáticos*. Esto implica que los *conceptos* científicos se definen de acuerdo con su rol en esos *sistemas teóricos*, lo cual los separa de su uso en contextos de la *experiencia cotidiana*. Es decir, para Wilson la estrategia de Hertz (que Duhem favorece) implica considerar que "Podemos intentar cortar todos los vínculos entre el vocabulario científico y las clasificaciones cargadas de intuiciones de la vida cotidiana, reglamentando nuestros usos teóricos dentro de un apretado sistema T axiomático especificado, del tipo que David Hilbert desarrolló para la geometría" (Wilson 2017, p.151). De acuerdo con Wilson, esta necesidad de reglamentar el uso de *conceptos y términos teóricos* (como solución a las dificultades de la física de la época) motivó a Duhem a distinguirlos de los conceptos de la *experiencia cotidiana*.

La distinción de *términos* (de física y de la experiencia cotidiana) tenía implicaciones respecto de la certeza y los valores de verdad que Duhem le atribuye a las afirmaciones que se pueden hacer con ellos. La verdad de los hechos que afirmamos en la *experiencia cotidiana* depende, a lo más, de la salud y sinceridad de quien los enuncia:

> Cuando un testimonio sincero, con una mente suficientemente clara como para no confundir las fantasías de su imaginación con percepciones, que conoce suficientemente bien la lengua que utiliza como para expresar con claridad su pensamiento, afirma haber constatado un hecho, el hecho es cierto. Si yo declaro que tal día, a tal hora, en tal calle de la ciudad, he visto un caballo blanco, a menos que existan razones para considerarme un mentiroso o un alucinado, hay que creer que aquel día, a aquella hora y en aquella calle de la ciudad, había un caballo. (Duhem 2003, p.208-209)[178]

[178] Aquí es importante tener en cuenta el contexto en el que Duhem hace esta descripción del testimonio de la *experiencia cotidiana*, ya que ha llevado a algunos autores a exagerar la posición de Duhem sobre dicha forma de experiencia. Stanley Jaki (1987, p.321-322), por ejemplo, enfatiza que Duhem no habla de la 'sensación de ver un caballo' ni de que la existencia del caballo sea una inferencia a partir de las apariencias; él habla del caballo como algo obvio. Jaki concluye que la realidad objetiva es, para Duhem, "una verdad no cuestionada e incuestionable que el hombre capta en el mismo acto de conocer un reino externo a él" (Jaki 1987, p.322). Aunque parece cierto que Duhem no estaba preocupado por responder preocupaciones de *escepticismo radical*, esta conclusión de Jaki exagera la posición de Duhem. Como señala Stoffel (2002, p.81), Duhem plantea su ejemplo sobre el testimonio de 'ver un caballo' con el fin de contrastar su manera de entender los testimonios de la *experiencia cotidiana* con los experimentos de física, no busca elaborar una especie de realismo fuerte del mundo exterior. Lo importante aquí es que, para Duhem, los testimonios de la *experiencia cotidiana* se pueden evaluar como verdaderos o falsos sin el tipo de dificultades que, como veremos, él considera que se presentan al analizar los experimentos en física.

En contraste, Duhem considera que los *conceptos y términos de la física* son abstracciones que sólo relacionamos con hechos a través del uso de operaciones de medición, las cuales deben ser guiadas con el uso de *teorías*. Él sostiene que dichos conceptos son "*simbólicos*" porque considera que requieren de un proceso de *interpretación que se lleva a cabo con ayuda de las teorías*. Esto nos indica que, para Duhem, el razonamiento (y uso de inferencias) en física es diferente al de la *experiencia cotidiana*. En física, *el significado de los términos y conceptos está controlado por múltiples teorías.*[179] Las *hipótesis* de las teorías físicas están formuladas con *términos teóricos*, por lo que es posible que las dificultades que Duhem señala para formular *hipótesis* por *inducción* estén relacionadas con este hecho.

5.3 Las leyes experimentales y las leyes simbólicas según Duhem

De acuerdo con Duhem, las teorías también controlan el uso de los instrumentos de investigación experimental con los que las *hipótesis* se someten *a tests*. Duhem (2003, p.201) reconoce que hay instrumentos que podemos usar sin conocer teorías físicas. No hace falta saber óptica, por ejemplo, para utilizar una lupa. Pero lo que distingue al uso de instrumentos en la *experiencia cotidiana* de su uso en la *física* consiste en que, en el caso de la última, se requiere el uso de *teorías* para su interpretación adecuada. "Las características que distinguen con tanta nitidez el experimento de física del experimento ordinario, introduciendo en el primero, como elemento esencial, la interpretación teórica que está excluida del segundo, marca asimismo los resultados a los que llegan estos dos tipos de experimentos" (Duhem 2003, p.193). Es por ello por lo que, para Duhem (2003, p.191), un experimento físico consiste en dos partes; la primera es *la observación de hechos* y la segunda consiste en *crear una interpretación* de los mismos mediante teorías físicas. La *interpretación* que un físico hace de las observaciones que lleva a cabo con instrumentos de

[179] La idea de que el significado de los conceptos científicos depende de las teorías que se aceptan se retomó en la segunda mitad del siglo XX para formular una dificultad que se conoce como *inconmensurabilidad de teorías científicas*. De acuerdo con algunos filósofos, principalmente Thomas Kuhn y Paul Feyerabend, no es posible la comparación directa entre teorías propuestas por escuelas distintas; puesto que los conceptos utilizados por dichas escuelas, al admitir teorías diferentes, tienen significados diferentes. Duhem anticipa dicha conclusión (por más de medio siglo) cuando señala que: "Si las teorías admitidas por ese físico son las que nosotros admitimos, y estamos convencidos de que seguimos las mismas reglas para la interpretación de los fenómenos, entonces hablamos la misma lengua y podemos entendernos. Pero no siempre ocurre así; no ocurre así cuando discutimos los experimentos de un físico que no pertenece a la misma escuela que nosotros y, sobre todo, no es así cuando discutimos los experimentos de un físico del que nos separan cincuenta años, un siglo o dos siglos" (Duhem, 2003, p.209-210). De acuerdo con la investigación de Eric Oberheim, de hecho, hay evidencia de que Feyerabend estaba siguiendo esta cita de Duhem. "En la copia de Feyerabend de [el libro de] Duhem, él marcó este pasaje y puso una pequeña estrella en el margen" (Oberheim 2006, p.176). Sin embargo, Oberheim (2006, p.178) también nota que hay algunas diferencias entre la manera en que Duhem formuló su concepción de los conceptos de la física y la *tesis de inconmensurabilidad* de Feyerabend.

medición está guiada por las teorías que acepta. "*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*" (Duhem 2003, p.193, itálicas en el original). De acuerdo con Duhem, el físico sustituye mentalmente el *hecho práctico*, lo que observa con sus sentidos, por un *hecho teórico* que consiste en la interpretación que las teorías le permiten hacer.

Duhem (2003, p.222) caracteriza a las *leyes de la física* (sin especificar si se refiere a las *experimentales* o a las *simbólicas*) enfatizando su dependencia de las teorías. En particular, por ejemplo, él argumenta que las *leyes de la física* no pueden considerarse certeras, sino aproximadas. Es decir, las *leyes de la física* no representan hechos de manera exacta, sino que los representan dentro de los límites de precisión de los instrumentos de medición con los que el físico dispone. Duhem (ibid..) llama a esto *indeterminación*, pero señala que ésta se reduce con el progreso de la medición. "A medida que los métodos experimentales progresan, va disminuyendo la indeterminación del símbolo abstracto que el experimento de física hace corresponder con el hecho concreto" (Duhem 2003, p.227). Sin embargo, para él, la indeterminación de las *leyes de la física* implica que uno no puede afirmar su verdad de manera categórica, sólo puede afirmar si son adecuadas dentro de ciertos límites de precisión. En contraste, Duhem señala que las *leyes de sentido común* (*sens commun)* son menos precisas, puesto que no dependen del uso de instrumentos de medición, pero son *certeras*.

La distinción de Duhem entre *leyes de la física* y *leyes de sentido común* sugiere una manera de entender cómo distingue *ley simbólica* de *ley experimental*; lo que, a su vez, puede permitirnos esclarecer por qué las *hipótesis* no pueden ser resultado de *inducciones* de acuerdo con Duhem. A lo largo de *La Teoría Física*, Duhem contrasta las *leyes de sentido común* con las *leyes de la física*, señalando que las primeras se enuncian con *términos del lenguaje de la experiencia cotidiana, mientras que las últimas utilizan términos de física*. Un ejemplo de una *ley de sentido común* es la que afirma que 'todos los hombres son mortales'.

> Esta ley indudablemente asocia entre sí dos términos abstractos: la idea abstracta de hombre en general, y no la idea concreta de un determinado hombre en particular, y la idea abstracta de muerte, no la idea concreta de una u otra forma de muerte…Pero estas abstracciones no son de ningún modo símbolos teóricos, sino que extraen simplemente lo que hay de universal en cada uno de los casos particulares a los que se aplica la ley. (Duhem 2003, p.217)

Los *términos de sentido común*, en otras palabras, pueden ser abstractos, pero los usamos para referirnos a tipos de objetos que reconocemos mediante el uso de nuestros sentidos. "Puesto que los términos abstractos en los que se basa una ley del sentido común no son más que lo que hay de general en los objetos concretos sometidos a nuestros sentidos, el paso de lo concreto a lo abstracto se hace mediante una operación tan necesaria y espontánea que resulta inconsciente" (Duhem 2003, p.219). Nótese que esa transición espontánea de hechos concretos a términos abstractos podría entenderse como una *inducción*. Aristóteles, a quien Duhem había estudiado con detenimiento, se refiere justamente así a la *inducción*:

> Cuando uno de los elementos indiferenciados hace un aporte, hay un universal primitivo en el alma; ya que, aunque percibes particulares, la percepción es de universales, —por ejemplo, de hombre, no de Callias el hombre. Después, un aporte es hecho entre estos elementos, hasta que se hace un aporte de algo sin partes y universal…Por lo tanto, es claro que debemos conocer los primitivos por *inducción*; porque esta es la manera en que la percepción infunde universales. (Aristóteles, *An. Post*. II, 19 100a15 - 100b5, énfasis añadido)

Stanley Jaki (1987) considera que hay suficiente similitud entre las descripciones de Duhem y las de Aristóteles como para asumir que es a este último a quien Duhem está siguiendo.[180] Jaki va tan lejos como para afirmar que el uso de la *experiencia cotidiana* (y del sentido común o *sens commun*) que hace Duhem es una marca clara del aristotelismo. "La misma visión del conocimiento es incomprensible, o más bien, inadmisible, dentro de prácticamente cualquier escuela moderna de filosofía y, especialmente, dentro del positivismo en el que se suele situar a Duhem" (Jaki 1987, p.322). Aunque esta última afirmación resulta algo exagerada[181], parece cierto que Duhem considera que *los términos de la experiencia*

---

[180] Además, Duhem (2003, p.400-408) especula que la teoría física ideal podría ser consistente con la filosofía aristotélica. Tal idea parece revelar una peculiar admiración, por parte de Duhem, hacia Aristóteles.

[181] Decir que la filosofía de Duhem sólo es consistente con Aristóteles y con ningún otro filósofo me parece una exageración de Jaki. En particular, hay notables similitudes también entre Duhem y, por ejemplo, el filósofo escoses del siglo XVIII Thomas Reid. Reid era conocido por dar un papel prominente al sentido común en su sistema filosófico. La similitud de la filosofía de Reid con la de Duhem se puede notar en afirmaciones como las que aquel hace respecto de los axiomas de las matemáticas:

> Hay otras proposiciones que tan pronto como son entendidas son creídas… La proposición no es deducida ni inferida de otras; tiene la luz de la verdad en sí misma y no tiene ocasión de tomarla de otra. Proposiciones de este último tipo, cuando son usadas en asuntos de ciencia, reciben el nombre de axiomas; y en cualquier ocasión en que son usadas, son llamadas primeros principios, *principios de sentido común*, nociones comunes, verdades autoevidentes (Reid 1785/2002, p.452, énfasis añadido).

Esta descripción sobre la verdad evidente de ciertas proposiciones de sentido común es similar a como Duhem describe a la certeza de las leyes de sentido común (*sens commun*) y, como veremos en la sección 5.6, Duhem también señala que los axiomas de las matemáticas son leyes de este tipo. En favor de una posible influencia de Reid en Duhem se puede señalar que hay, al menos, dos argumentos sobre la física que ambos utilizan. Un argumento contra la simplicidad, como evidencia de verdad, que se encuentra en Duhem (2003, p.225-226) se puede encontrar también en Reid (1785/2002, p.48-49 y p.530-531); ambos señalan que es un

cotidiana se formulan mediante inducción; ya que él efectivamente describe el proceso como uno en el que un 'conjunto de particulares' da lugar a un 'universal en la mente'.

En contraste con los *términos de la experiencia cotidiana*, Duhem considera que los *términos de la física* son *abstracciones* que sólo relacionamos con hechos a través del uso de operaciones de medición, las cuales deben ser guiadas con el uso de teorías. Él sostiene que dichos conceptos son *simbólicos* porque requieren de un proceso de interpretación que se lleva a cabo con ayuda de las teorías. "Los términos simbólicos que asocia una ley de física ya no son estas abstracciones que se desprenden espontáneamente de la realidad concreta, sino abstracciones que son fruto de un trabajo lento, complicado, consciente, fruto del trabajo secular que ha elaborado las teorías físicas" (Duhem 2003, p.220). Es decir, el proceso mediante el cual formulamos ambos tipos de términos es diferente.

Regresando al rechazo de Duhem al *método newtoniano*, hemos visto que él sostiene que dicho método es impracticable porque "no hay ninguna ley experimental que pueda ser utilizada por el teórico si antes no ha sido objeto de una interpretación que la convierte en una ley simbólica, y esta interpretación implica la adhesión a todo un conjunto de teorías" (Duhem 2003, p.262-263). Como Duhem contrapone *ley experimental* a *ley simbólica*, podríamos asumir que la primera se trata de una *ley de sentido común (de experiencia cotidiana)*. Esta conclusión, no obstante, sería un poco extraña, puesto que el propio Duhem (2003, p.189) enfatiza que los experimentos consisten tanto en la observación como en la interpretación teórica, lo que nos llevan a leyes expresadas en *términos teóricos* y no a *leyes de sentido común*. En cualquier caso, sí parece que las *leyes experimentales son producto de inferencias inductivas*, de acuerdo con Duhem; ya que es el hecho de que dichas *leyes*

---

error pensar que Dios creó las leyes de la naturaleza de manera que a nosotros nos parezcan más simples, puesto que ello implicaría atribuirle a Dios las mismas limitaciones que tenemos nosotros. Más notable aún es el hecho de que el argumento contra los *experimentos cruciales* de Duhem (2003, p.247-250), y que analizaré en el siguiente capítulo, se encuentra también en Reid (2002/1785, p.82-83); ambos señalan que la idea de *experimento crucial*, en el estudio de la naturaleza, está basada en una falsa analogía con las matemáticas. Además, la filosofía de Reid fue altamente influyente en Francia para la generación previa a Duhem. Benjamin W. Redekop (2006) da un panorama de la influencia de Thomas Reid en varios países europeos y señala que Reid fue ampliamente leído en las principales universidades francesas, al menos, hasta mediados del siglo XIX. Al final, sin embargo, Duhem no menciona explícitamente a Reid, por lo que podría argumentarse que las similitudes entre ambos son demasiado genéricas como para afirmar categóricamente que Duhem estuviera siguiendo a Reid en su uso del *sens commun*.

Por otra parte, varios autores, como Martin (1991), enfatizan la influencia de Blaise Pascal (1623-1662) en Duhem, llamando la atención hacia la frecuencia con la que Duhem cita los *Pensée* de Pascal. Sin embargo, no es claro que tal influencia sirviera de apoyo para la concepción que tiene Duhem del *sens commun*. Como señala Jaki: "El toque realista que él da al 'sentido común' es de lo más significativo porque no pudo haberla tomado de los Pensées de Pascal, donde *sens commun* denota opiniones erróneas ampliamente compartidas" (Jaki, 1987, p.322). En el caso de Duhem, por el contrario, *sens commun* denota opiniones certeras.

experimentales no pueden usarse como *hipótesis* lo que él indica como su motivo para rechazar el *método newtoniano*.

Duhem considera que las *leyes simbólicas* no pueden ser resultado de meras *inducciones* porque, para formularlas, se requiere de una *'interpretación'*. Esa necesidad de una *interpretación* o *traducción* parece similar a lo que sostiene Duhem (en *La Teoría Física* capítulo IV segunda parte), respecto de que los experimentos requieren traducir 'hechos concretos' a 'hechos teóricos'. En ese caso, Duhem señala que las teorías de la física indican cómo se debe entender un conjunto de observaciones. La *inducción* no es suficiente, sólo el uso de otras teorías permite hacer esa traducción. De manera similar, Duhem parece sostener que las teorías deben indicar cómo se ha de entender a las *leyes experimentales*. La traducción que las teorías dan de las *leyes experimentales* es lo que Duhem parece llamar *leyes simbólicas*. La *inducción enumerativa* permite generalizar, pero no parece que haya una manera en que permita seleccionar la traducción teórica correcta. Debido a estas dificultades, Duhem concluye que "...es imposible construir una teoría por el método puramente inductivo" (Duhem 2003, p.290).

5.4 La traducción de las leyes experimentales en leyes simbólicas según Duhem

Considero que la clave para entender los argumentos de Duhem respecto de la inducción está en la manera en que él distingue *leyes* de *hipótesis*. Para Duhem, las teorías consisten en *sistemas deductivo*s basados en *hipótesis*, por lo que distinguir *leyes* de *hipótesis* implica, también, distinguir *leyes* de *teorías*.[182] Algunos filósofos, como Craig Dilworth, han señalado que "La cuestión de la diferencia entre leyes y teorías científicas ha recibido notablemente poca atención en filosofía de la ciencia" (Dilworth 2007, p.176).[183]

[182] Para Duhem, no es lo mismo una *teoría* que una *hipótesis*, aunque ambos conceptos están relacionados. Él considera que cada *hipótesis* es un enunciado que relaciona *términos teóricos*. Un conjunto de varios de esos enunciados, o *hipótesis*, da lugar a un *sistema deductivo* que es lo que Duhem llama *teoría*. Así, una *teoría* individual está conformada por varias *hipótesis* y sus consecuencias deductivas.

[183] Sin embargo, el tema parece haber sido más importante para los científicos filósofos de la época de Duhem. Considero que la distinción de Hertz (que vimos en la sección 2.5 y 2.6) entre 'teoría' y 'representación' está dirigida a hacer el tipo de distinción que Duhem buscaba al separar leyes experimentales de teorías. También Peirce (sección 4.4) distingue a las teorías de las leyes al hablar de la distinción entre inducción e hipótesis. Finalmente, Michael Heidelberger (2009) señala que otro contemporáneo de Duhem, Émile Boutroux, también hace distinciones entre tipos de leyes que asemejan a las distinciones de Duhem.
Considero que ignorar la distinción entre leyes e hipótesis ha generado confusión, en buena parte de la literatura secundaria, respecto del papel que Duhem atribuye a las inferencias inductivas en la física. Ivanova (2010, p.63), por ejemplo, afirma que Duhem "no era partidario de la inducción", a pesar de que, como veremos, Duhem explícitamente describe varias leyes de la física como resultado de la inducción.

Tradicionalmente, autores como Ernest Nagel (1961, p.79-80) afirmaban que la distinción consiste en el uso de términos *observables* contra el uso de términos *inobservables*; es decir, que las *leyes experimentale*s sólo enuncian relaciones entre términos y procesos observables, mientras que las leyes que utilizan términos inobservables son "'leyes teóricas' (o simplemente 'teorías')".

En la terminología de Duhem, la descripción de Nagel implicaría que las *hipótesis* son *leyes teóricas*, mientras que las *leyes experimentales* son *leyes de sentido común*. Sin embargo, algunos comentarios de Duhem sugieren que él entendía la distinción entre *leyes* y *teorías (e hipótesis)* de un modo algo diferente. En la sección anterior mencioné, por ejemplo, que parece extraño concluir que una *ley experimental* es una *ley de sentido común*, puesto que Duhem es conocido por enfatizar que los experimentos implican el uso de una variedad de teorías. Duhem describe a las *leyes de sentido común* como enunciados imprecisos cuya verdad conocemos por el uso de los sentidos en situaciones cotidianas, mientras que las *leyes experimentales* se establecen mediante experimentos. Al mismo tiempo, hemos visto que Duhem dice que las *hipótesis* no pueden ser producto de *inducciones* porque, para que cumplan su función, deben haber sido traducidas mediante *teorías*. De manera que, si una *ley* puede ser resultado de la *inducción*, entonces esto sugeriría que no ha recibido *traducción teórica*. Pero en algunos de sus ejemplos vemos que las leyes obtenidas por *inducción* que sí se formulan en *términos teóricos*.[184] En otras palabras, *parece haber una ambigüedad problemática en lo que Duhem llama ley experimental*. Por un lado, una *ley experimental* parece consistir en una ley obtenida por el uso de experimentos y formuladas con términos que Duhem consideraría teóricos, por otro lado, él dice que esas leyes no se pueden usar como principios de las *teorías (hipótesis)* porque *no han recibido interpretación teórica*.

Parte de la dificultad para interpretar el concepto de *ley experimental* de Duhem deriva de la asociación que tradicionalmente se ha mantenido en filosofía de la ciencia (como ejemplifica el caso de Nagel) entre la distinción *ley/teoría* y la distinción *observable/inobservable*. Como mencioné en la sección 5.2, no considero que Duhem estuviera preocupado por distinguir entidades que podemos observar de las que no. Podemos observar un gas y notar que debe tener cierto *volumen*, pero Duhem señala que dicho *volumen* constituye un *término teórico*. Lo que hace que el término 'volumen de un gas' sea

[184] Como cuando Duhem (2003, p.122) menciona que la inducción experimental llevó a James Thomson a concebir la isoterma *teórica*.

teórico es el hecho de que se requieren teorías e instrumentos de medición para asignarle un valor preciso. *Es esa necesidad de las teorías para la formulación y uso adecuado de los términos lo que los hace teóricos, sin importar si se refieren a entidades observables o no*.

Al hacer un experimento, podemos observar relaciones de dependencia entre variables; como la manera en que cambia el *volumen* de un gas debido a cambios de *temperatura* o *presión*. En un experimento de este tipo, utilizamos *términos teóricos* como los de *volumen* y *presión*. Las observaciones que obtenemos nos permiten enunciar una ley general que indique cómo los cambios en un *término teórico* afectan al otro. Este es el caso, por ejemplo, de la ley de Mariotte-Boyle. Sin embargo, puede ser que en el momento en que una ley de este tipo es descubierta por experimento, aunque está formulada con *términos teóricos*, no forme parte de algún *sistema deductivo* definido (lo que Duhem llama teoría). Considero que una interpretación razonable es considerar que, para Duhem: *la interpretación teórica de la ley no necesariamente consiste en sustituir los términos en que se formula, sino en incorporarla en un sistema deductivo (o teoría*).

Por 'incorporar una *ley experimental* a un sistema deductivo' me refiero a mostrar que una versión de la misma pueda ser deducida a partir de un conjunto definido de *hipótesis*. La versión de la *ley experimental* que se deduce debe ser, o bien, consistente con la versión original dentro de los límites de precisión con que se disponga, o bien, las mismas *hipótesis* deben indicar factores de error que den cuenta de las desviaciones. La versión así obtenida constituiría una *ley simbólica (o teórica)*. La ley de refracción de Snell, por ejemplo, puede ser establecida inicialmente mediante observaciones experimentales, por lo que constituye una *ley experimental*; posteriormente, en un segundo momento, se puede proponer hipótesis (como el principio de Fermat) a partir de la cuál se pueda deducir rigurosamente la ley en cuestión. Hecho lo anterior, la ley se puede considerar *simbólica* o *teórica*. Considero que este sería el proceso que podemos entender como el que implícitamente señala Duhem y al que se refiere como el de traducir una *ley experimental* a una *simbólica (o teórica)*. En caso de que las *hipótesis* aceptadas en un momento dado sean insuficientes para producir esa deducción, la incorporación bien puede lograrse modificando la *ley experimental* en cuestión.[185] Esa necesidad de modificar la ley para que se pueda mostrar que es deducible de *hipótesis* aceptadas es lo que podría explicar el uso del término *traducción* por parte de

[185] En la sección siguiente veremos un ejemplo de cómo Duhem entiende la 'traducción' de un concepto de sentido común en uno teórico. En dicho ejemplo, veremos también cómo él entiende la posibilidad de modificar al concepto cuando se lleva a cabo esa 'traducción'.

Duhem. Además, debido a que él considera que las *leyes simbólicas* no tienen que ser consideradas completamente verdaderas (sino que sólo deben ser correctas hasta un grado dado de aproximación), la versión *simbólica* de ellas que se obtiene de las *hipótesis* no tienen que ser consistentes con las *leyes experimentales* de manera exacta, sólo tienen que serlo dentro de los límites de precisión que se tenga.[186] Las desviaciones que se pueden presentar entre una *teoría* y las *leyes* se pueden explicar postulando diferentes causas de error o los límites de precisión en los instrumentos de medición disponibles.

En otras palabras, para Duhem, la distinción entre *ley experimental* y *ley teórica (simbólica) no está en el tipo de términos* que se utilizan. La distinción entre *términos de sentido común* y *términos teóricos*, para Duhem, sólo distingue enunciados utilizados *fuera* de la física de los utilizados *en* física. Pero esa distinción entre términos ya no es relevante para la distinción entre *leyes experimentales* y *leyes simbólicas*. Esta última distinción *no* se fundamenta en el tipo de términos utilizados. La *ley experimental* no es una *ley de sentido común* ya que se formula a partir de experimentos junto con la ayuda de teorías y *términos teóricos*; pero tampoco es una *ley simbólica* porque no ha sido incorporada a un *sistema deductivo* definido. Traducir una *ley experimental* a una *ley simbólica* querría decir, para Duhem, esa incorporación a un *sistema deductivo* o *teoría*.

Entender el concepto de Duhem de *ley experimental* como una 'ley establecida mediante experimentos y formulada en *términos teóricos*, pero que aún no ha sido incorporada a un *sistema deductivo*' deja, no obstante, algunas dificultades. En primer lugar, ahora parece menos claro por qué una *ley experimental* no puede ser utilizada como *hipótesis*, es decir, como principio de deducción del sistema teórico. Si las l*eyes experimentales* se formularan con términos de *sentido común*, sería evidente que no pueden funcionar como *hipótesis* sin que, al menos, dichos términos se hayan reemplazado por *términos teóricos*. Pero si las *leyes experimentales* ya están formuladas con *términos teóricos*, no parece claro qué nos impide proponerlas como *hipótesis*. En segundo lugar, incluso parece cuestionable la relevancia de la distinción entre *ley experimental* y *ley simbólica*, puesto que parece ser sólo una cuestión temporal que la primera sea convertida en la segunda. A partir de experimentos podemos formular una *ley experimental*, pero eventualmente la incorporamos a una teoría, con lo que, al final, terminamos sólo con *leyes teóricas (simbólicas)*. Sin embargo, considero que la distinción de Duhem es relevante *no*

[186] La crítica de Duhem (2003, p.254) a la idea de que las leyes de Kepler son consistentes con la gravitación va en esta dirección.

tanto para entender el producto final de la física, sino para entender el *proceso* de *descubrimiento*.

Una interpretación razonable de los comentarios de Duhem sobre las leyes de la física es considerar que, una vez formulados los *términos teóricos*, el proceso para formular una *ley experimental* es *inductivo*; consiste en establecer, mediante una serie de experimentos, qué relación de dependencia existe entre los *términos teóricos* (o magnitudes) en cuestión. Es decir, en el caso de las *leyes experimentales*, podemos inferir por *inducción* que dos variables están relacionadas y, en general, es relativamente fácil indicar cuál formulación matemática de dicha relación es la más sencilla. De hecho, Duhem (1906/1954, p.171) afirma que un físico escoge entre posibles formulaciones de una ley física a partir de la simplicidad. La *inducción* y la *simplicidad* pueden ser suficientes para formular una *ley experimental*.[187]

En el caso de las *hipótesis*, sin embargo, Duhem esperaba que éstas cumplieran una tarea diferente a la que cumplen las *leyes experimentales*. Duhem consideraba que las *hipótesis* deben ser capaces de predecir, es decir, algunas de sus consecuencias deductivas deben producir nuevas leyes, no sólo las ya conocidas. Para cumplir esta tarea, Duhem consideraba que las *hipótesis* debían ser formuladas con un *grado de abstracción y generalidad* superior al de las *leyes experimentales*. Es decir, la distinción entre *leyes* e *hipótesis* (y teorías) de Duhem parece asociada con, lo que podríamos llamar, *dos niveles de abstracción que él reconoce en la física*; lo que describe como '*doble economía intelectual*'. De acuerdo con Duhem, los científicos formulan *leyes experimentales* para condensar la experiencia de un gran número de resultados de experimentos concretos.

> La ley experimental ya representaba una *primera economía intelectual*. La mente humana tenía ante sí una inmensa cantidad de hechos concretos, de una enorme complejidad de detalles, diferentes entre sí…Entonces intervino la abstracción y acabó con todo lo que había de particular y de individual en estos hechos. Extrajo de ellos lo general, lo que tenían en común, y sustituyó ese engorroso montón de hechos por una proposición única, que ocupa poco espacio en la memoria y era fácil de transmitir a través de la enseñanza: formuló una ley física. (Duhem 2003, p.25, énfasis añadido)

[187] La simplicidad puede ser un concepto ambiguo, pero posiblemente es poco problemático en el contexto en que lo usa Duhem, ya que consiste sólo en encontrar la formulación matemática menos intrincada.

Aquí Duhem retoma el concepto de *economía intelectual* de Mach,[188] e incluso retoma el ejemplo que propone éste sobre la ley de refracción de Snell. De acuerdo con ambos, la ley de Snell nos permite prever innumerables fenómenos de refracción, en diversos medios y bajo ángulos diferentes. Esto es posible, de acuerdo con Duhem, porque esta ley, y la teoría que la representa, "fueron exclusivamente resultado de la experiencia, de la inducción y de la generalización" (Duhem 2003, p.41).[189]

Por otra parte, las *hipótesis* tienen una función diferente; éstas, en conjunto, deben representar a las propias leyes más que a los hechos concretos. "La mente humana *duplica* esa economía que supone la sustitución de los hechos concretos por la ley cuando condensa las leyes experimentales en teorías. La ley de refracción es a los innumerables hechos de refracción lo que la teoría óptica es a las leyes infinitamente variadas de los fenómenos luminosos" (Duhem 2003, p.25, énfasis añadido).

Duhem considera que los enunciados que pertenecen al *primer nivel de abstracción*, el de las *leyes experimentales*, puede inferirse mediante *inducción*; sin embargo, el *segundo nivel*, el de las *hipótesis* y *teorías*, no puede ser resultado de la *inducción*.[190] Este segundo nivel requiere que se formulen *hipótesis* cuya función es representar un conjunto de leyes, no de hechos concretos directamente. La representación que las *hipótesis* deben hacer posible, de acuerdo con Duhem, consiste en constituir un *sistema deductivo* lo bastante general para que de él se puedan deducir enunciados que correspondan a múltiples *leyes experimentales*. Como las *leyes experimentales* se formulan de manera suficientemente concreta como para representar hechos de experimentos *particulares*, típicamente no tienen el grado de *generalidad* suficiente como para llevar a la deducción de otras leyes distintas. Considero que es por ello por lo que Duhem señala que las *leyes experimentales* no pueden usarse directamente como los *principios de deducción* que son las *hipótesis*.

No parece haber una manera en que la *inducción* y la simplicidad puedan indicar el conjunto de *hipótesis* capaces de deducir un número amplio de *leyes experimentales*. No se trata de observar un conjunto de leyes y formular un enunciado general que las abarque, es

---

188 De hecho, Duhem (2003, p.25) reconoce explícitamente que la idea ya la había formulado Mach.

189 Al hacer esta afirmación, Duhem parece sostener que tanto la ley como la teoría son producto de la *inducción*. Sin embargo, él señala también, como vimos, que las teorías no son resultado de la inducción. Posiblemente se refiere a que la inducción, junto con un proceso adicional de generalización es lo que produce a la ley y a la teoría.

190 Rogelio Miranda Vilchis (2018) ya ha señalado que Duhem parece reconocer distintos niveles de abstracción en física y considera que la metafísica representa el nivel más alto. De acuerdo con Miranda Vichis, sería esta la razón por la que Duhem considera tan dudosa a la metafísica, ya que la certeza se pierde al subir el nivel de generalidad.

decir, no se trata de generalizar las leyes por *inducción*. Duhem (2003, p.254-255) enfatiza que uno no llega a la gravitación universal infiriendo un enunciado que sea sólo generalización de las leyes de Kepler. Lo que distingue a las *leyes experimentales* de las *hipótesis* es, además de su función, el *proceso de descubrimiento*: el de las primeras es *inductivo*, el de las segundas no.

Que Duhem hace una distinción entre leyes e hipótesis por la manera en la cuál son inferidas se puede apreciar, por ejemplo, en una carta en la que comenta sobre principios de las teorías, tales como el de inercia:

> Uno puede decir de ellos, entonces, lo que puede decir de todos los principios de la mecánica y las teorías físicas. Estos principios fundamentales o *hipótesis* (en el sentido etimológico de la palabra) no son *axiomas*, verdades autoevidentes. Tampoco son leyes, esto es, proposiciones generales alcanzadas directamente por inducción a partir de las enseñanzas de la experiencia. (Duhem citado en Garrigou-Lagrange 1955, p.450, itálicas en el original)

Duhem consideraba a las leyes como proposiciones alcanzadas por *inducción* y que ello las hace diferentes a las *hipótesis*.[191] Es decir, *él entiende la distinción a partir de las diferencias entre los tipos de inferencias que originan a las leyes y aquellos que originan a las hipótesis y teorías.*

Puede parecer que esta manera de distinguir *leyes* e *hipótesis* difiere muy poco de la que se ha mantenido tradicionalmente en filosofía de la ciencia entre *leyes* y *teorías*. Rudolf Carnap (1966, p.225-231) es particularmente claro al distinguir, lo que él llama, '*leyes teóricas*' de '*leyes empíricas*' señalando que sólo las últimas pueden considerarse resultado de *generalizaciones inductivas*. Sin embargo, la distinción tradicional difiere de la de Duhem en algunos aspectos relevantes. En primer lugar, la distinción tradicional parece dirigida a distinguir entidades microscópicas (como átomos o moléculas) de entidades macroscópicas. Duhem no parece preocupado por esa cuestión, ya que era escéptico de la física atomista. Carnap, de hecho, reconoce que los físicos comúnmente utilizan el término '*observable*' de un modo más amplio que los filósofos.[192] Pero lo que considero más importante es que *la*

---

[191] Hay que reconocer que, de acuerdo con Duhem, algunas leyes pueden formularse por un proceso *deductivo*; ya que las *hipótesis*, que conforman la teoría, en ocasiones pueden permitirnos deducir leyes nuevas (es decir, hacer predicciones). Sin embargo, aún podría señalarse que sólo podemos establecer que ley nueva es correcta a partir de la inducción basada en resultados experimentales.

[192] También, Nancy Cartwright (1983) señala que los físicos distinguen leyes de manera diferente a los filósofos. De acuerdo con Cartwright, los filósofos suelen hablar de leyes fenoménicas y leyes teóricas, pero: "Para el físico, a diferencia del filósofo, la distinción entre lo teórico y lo fenomenológico no tiene n*ada que ver con lo que es observable y lo que es inobservable*. En su lugar, los términos separan leyes que son fundamentales y *explicativas* de las que meramente *describen*" (Cartwright 1981, p.2, énfasis añadido). Es

distinción tradicional que encontramos en Carnap (y Nagel) está finalmente definida por la diferencia en el uso de distintos tipos de términos. En consecuencia, la distinción tradicional pone el énfasis en la manera en que *los términos* dependen, o no, de teorías. Cuando, en la segunda mitad del siglo XX, se enfatizó la carga teórica de la observación en general, la distinción tradicional perdió relevancia. Sin embargo, considero que la distinción de Duhem puede seguir siendo relevante ya que *no recae en la distinción de los términos, sino en los distintos procesos de inferencia*.[193] Podríamos decir que, a diferencia de Carnap y Nagel, la distinción entre leyes e hipótesis la entiende Duhem en el *contexto de descubrimiento*.

5.5 La deducción en la física según Duhem

A pesar de que sí parece reconocer que la inducción tiene una función relevante, la concepción de la lógica de la investigación en física que está implícita en la obra de Duhem pone particular énfasis en el uso de *inferencias deductivas* (como Hertz y otros autores de la época). De hecho, Duhem describe a las teorías como *sistemas deductivos*. Al inicio de *La teoría física*, él señala que "*Una teoría 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*" (Duhem 2003, p.22, itálicas en el original). De acuerdo con él, las *teorías* no son explicaciones en el sentido de que no nos ponen en contacto directo con una

decir, Cartwright considera que la distinción de los físicos es entre leyes (fundamentales) que se usan para *explicar* los fenómenos y leyes (no fundamentales) que sólo *describen* lo que sucede en los experimentos. Además, Cartwright cita a Duhem en repetidas ocasiones para apoyar esa concepción. No obstante, Duhem consideraba que ni las leyes ni las teorías son explicaciones, es decir, no parece que él reconociera algo como una 'ley explicativa'. Aun así, Cartwright considera una noción de 'explicación' en la que "explicar una colección de leyes fenomenológicas es dar una teoría física de ellas, una teoría física en el sentido de Duhem, una que resume las leyes y las clasifica lógicamente" (Cartwright 1981, p.96). En ese sentido, la distinción de Cartwright entre *leyes explicativas* y *leyes fenoménicas* sí parece consistente con la distinción que considero que Duhem mantiene entre *leyes teóricas* y *leyes experimentales*; con la diferencia de que, además, Cartwright (1981) utiliza una noción más fuerte de 'explicación' (diferente a la de Duhem) al hablar de 'entidades teóricas'.

[193] Posiblemente, un motivo por el cual la distinción entre *ley* y *teoría* ha sido poco discutida es justamente porque se entiende a partir de la distinción observable-inobservable que describe Nagel. Si la única distinción relevante es la diferencia entre términos observables e inobservables, entonces tiene más sentido discutir sobre la naturaleza de dichos términos, lo que sí ha sido ampliamente discutido. Sin embargo, considero que Duhem entiende la distinción a partir de los tipos de inferencia que se requieren en cada caso. Poniéndolo de otra manera, puede decirse que, *a diferencia de la filosofía de la ciencia posterior, Duhem distingue entre leyes e hipótesis (y teorías) en términos del contexto de descubrimiento más que del de justificación*. A pesar de que la distinción entre *contexto de descubrimiento* y *contexto de justificación* se ha criticado mucho desde la segunda mitad del siglo XX, ésta aún parece guiar discusiones como la que supone distinguir leyes y teorías. Como hemos visto, Nagel (1961) plantea la distinción entre leyes y teorías a partir del tipo de términos que utilizan e, incluso, Dilworth (2007) la discute en términos de en qué sentido las teorías explican a las leyes; pero ambos parecen pasar por alto que la distinción se puede entender, no en cómo están formuladas o relacionadas, sino *respecto los tipos de inferencia mediante los cuales se elaboran en primer lugar*.

realidad que pueda subyacer a los fenómenos.[194] Más bien, él consideraba que *las teorías son representaciones de leyes experimentales*. Esa representación de leyes consiste en incorporarlas al *esquema deductivo* como consecuencias de las *hipótesis*. Una teoría, entonces, se entiende como un recurso con el cual los físicos no necesitan recordar un conjunto de leyes, sino que sólo necesitan pensar en la teoría que las representa, ya que de ella puede *deducir* el conjunto de leyes en cuestión.

En principio, parecería que la descripción que da Duhem de las *teorías* como representaciones les atribuye una función similar a la de una *nemotecnia*.[195] Sin embargo, él complementa su definición agregando que "La teoría no es solamente una representación económica de leyes experimentales; es también una *clasificación* de estas leyes" (Duhem 2003, p.27, itálicas en el original). Es decir, las teorías son tanto *representaciones* como *clasificaciones* de *leyes experimentales*, y es esta segunda parte de la definición la que impide entenderlas como meras *mnemotecnias.* Las leyes quedan clasificadas de acuerdo con el conjunto de *hipótesis* del cuál pueden ser deducidas.[196]

La representación y clasificación de *leyes experimentales*, incorporándolas a los esquemas deductivos que son las teorías, es a lo que Duhem parece referirse como 'traducción de una *ley experimental* a una *ley simbólica*'. Sin embargo, considero que Duhem no es demasiado claro respecto de cómo entiende este proceso. Al menos, es claro que no se trata de un proceso *inductivo*. Más allá de eso, en el capítulo titulado *La elección de hipótesis*, Duhem describe la formulación de *hipótesis* a partir de ejemplos, como el descubrimiento de la gravitación universal. Anastasios Brenner (1990a) señala que dicho capítulo está pensado como una explicación sobre cómo se formulan las *hipótesis,* la cual sustituye al *método de inducción* en la filosofía de Duhem. Al inicio de dicho capítulo, Duhem (1906/1954, p.220) señala que los únicos requisitos que deben cumplir las *hipótesis*

[194] Duhem esperaba que las teorías pudieran formularse sin más compromisos ontológicos que los del *sentido común*. Rogelio Miranda Vilchis (2018) analiza una manera interesante de entender el papel de la metafísica en la filosofía de Duhem.

[195] Duhem ya había dado su definición de las teorías como representaciones en su texto de 1892 y un ingeniero llamado Eugène Vicaire lo había criticado precisamente porque dicha definición hace a las teorías poco más que *mnemotecnias*.

[196] En las secciones 6.4 y 6.5 comentaré sobre el segundo agregado a la definición de teorías (en el que las teorías se definen como clasificación), pero por ahora es importante notar que las dos definiciones que da Duhem, como *representación* y como *clasificación*, no son necesariamente contradictorias. Las teorías pueden representar leyes al tiempo que éstas quedan clasificadas de acuerdo con cuál teoría específica las representa.

es ser lógicamente consistentes y que de ellas se pueda deducir *leyes experimentales*.[197] Él mismo reconoce que esto deja demasiada libertad, es decir, hay muchas maneras de formular *hipótesis* que cumplan con los requisitos. Sin embargo, Duhem enfatiza que "Las hipótesis no son el producto de una creación repentina, sino el resultado de una evolución progresiva" (Duhem 2003, p.291). En general, la explicación de Duhem consiste en señalar que, a lo largo de la historia de la física, las *hipótesis* se van formulando a través de analogías y se modifican paulatinamente en el curso de la investigación.[198] Él no da una explicación sistemática de cómo sucede este proceso y utiliza descripciones poco claras como en las que dice que "El físico no elige las hipótesis en las que basará su teoría, sino que germinan en él, sin él" (Duhem 2003, p.333). Dedicaré los siguientes dos capítulos a elaborar cómo considero que Duhem concibe la formulación y *testeo de hipótesis*.

Una vez que se cuenta con un conjunto de hipótesis, éstas se pueden usar como principios del sistema deductivo que Duhem llama *teoría*. Ese sistema representa las leyes de los fenómenos físicos que podemos reconocer en la experiencia cotidiana, pero en un lenguaje particular. Como hemos visto, los conceptos y términos de física, de acuerdo con Duhem, deben ser suficientemente precisos como para ser utilizados en el *razonamiento deductivo*. En general, él considera que los términos del lenguaje de sentido común (*sens commun*) suelen ser ambiguos, vagos e imprecisos. Esto puede entenderse como consecuencia de la diversidad de contextos y propósitos con los que se utilizan los términos y conceptos en la vida cotidiana. La cuestión es similar a la que vimos (sección 2.6) señala Hertz que había sucedido con el concepto de fuerza, el cual se había 'cargado de más relaciones de las que podemos reconciliar'. Y, al igual que Hertz, Duhem considera que los conceptos y términos de la física deben definirse a partir de las teorías para asegurar que sean claros y precisos. Sin embargo, a diferencia de Hertz, Duhem nota que esta manera de proceder implica el riesgo de que la teoría se convierta en un discurso meramente formal, sin contenido empírico.

---

[197] Marck Wilson (2017, p.148-149) enfatiza que Duhem defendía la libertad del físico de formular hipótesis sin las limitaciones que tradicionalmente se asumían. Wilson señala que, debido a que Duhem era escéptico del atomismo, se le suele presentar como un conservador, partidario de una postura que se oponía a nuevas ideas: "Es cierto que los extremos hiperbólicos de la prosa de Duhem ocasionalmente alientan tal lectura, pero, en su mayor parte, él no defiende esa posición. Más bien, él escribe como un liberal metodológico…" (Wilson 2017, p.149).

[198] Lothar Schäfer (2006) considera que, para Duhem, las analogías son la base de un método de descubrimiento para los científicos. Sin embargo, él también indica que dicho método de descubrimiento de Duhem requiere del *bon sens*, como veremos en el siguiente capítulo.

En las secciones 2.3 y 3.4, vimos que algunos físicos habían tratado de evitar las implicaciones metafísicas problemáticas del *concepto de fuerza* señalando que éste podía definirse de un modo matemático, siguiendo la segunda ley de Newton (como masa por aceleración). Duhem (1903, p.159) criticaba estos intentos señalando que sí evitaban las dificultades, pero al costo de cortar completamente cualquier relación entre las teorías y los fenómenos físicos de la experiencia. Si los conceptos sólo significan cantidades matemáticas, entonces no significan nada físico. Es decir, para Duhem, además de que los conceptos de la física son definidos mediante teorías, éstos debían estar relacionados, de alguna manera, con lo que podemos reconocer en nuestra experiencia de los fenómenos.

Duhem explicaba el proceso de formular concepto de física como uno de *abstracción* en el que se busca utilizar relaciones matemáticas para representar propiedades de los fenómenos. Un ejemplo que da es el concepto de *temperatura*. Duhem (1892/1996, p.2-4), explica que tenemos un concepto de la experiencia cotidiana al que llamamos 'calor'. Hemos visto que Duhem describe a los conceptos de la *experiencia cotidiana* como *inductivos*, posiblemente siguiendo a Aristóteles, pero también parece considerar que las concepciones de Aristóteles sólo son válidas para las descripciones de la *experiencia cotidiana*.[199] Duhem considera que la formulación de c*onceptos fundamentales de la física* comienza con los conceptos de la *experiencia cotidiana*, pero se requiere de un paso adicional, uno que no es *inductivo*. En el uso del concepto de 'calor' de sentido común podemos reconocer algunas propiedades, como que decimos que un objeto puede ser más cálido que otro, o que dos zonas de un mismo objeto pueden ser una más cálida que la otra. Esa propiedad que tienen los cuerpos materiales de ser cálidos, de acuerdo con Duhem, no es reducible a una *magnitud*; las *magnitudes* son *numéricas* por lo que se pueden sumar, restar, dividir o multiplicar, lo que no tendría sentido intentar con la propiedad de sentido común que es la *calidez*. Dicha propiedad no es un número. Sin embargo, Duhem explica que podemos definir una magnitud, *temperatura*, de tal manera que asigne un mismo valor numérico a objetos igualmente cálidos. Además, esa magnitud debe asignar un valor más alto a regiones más cálidas de un objeto que a regiones menos cálidas. Este nuevo concepto, *temperatura*, es uno *teórico* y, al ser una magnitud (al ser numérico), puede utilizarse en el *razonamiento matemático*. Como veremos en la siguiente sección, Duhem considera que el *razonamiento matemático* es *deductivo*.

[199] De hecho, Duhem (1893/1996) sostiene que en la época de Aristóteles no existía la física como la conocemos y que lo más cercano era sólo la astronomía

Otro ejemplo que plantea Duhem en *La teoría física* es con el concepto de 'caída libre'. El ejemplo es similar al que plantea sobre la temperatura, pero resalta un aspecto particular de la concepción de Duhem. Su discusión sobre el concepto de 'caída libre' comienza con una polémica con algunos autores de su época. Dicha polémica era respecto de si hay enunciados de la física que no pueden ponerse a *test mediante experimentos*. Duhem señala que físicos y filósofos como Gaston Milhaud (1858-1918), Poincaré y Édouard Le Roy (1870-1954), consideraban que hay enunciados de la física que funcionan como definiciones, por lo que no se pueden *testear mediante experimentos*. De acuerdo con estos físicos y filósofos, este es el caso de la afirmación "*cuando un cuerpo cae libremente, su aceleración es constante*". Si intentáramos poner a prueba la afirmación anterior observando la caída de un cuerpo, concluiríamos que es correcta sin importar lo que pudiera suceder. Si el cuerpo cae con aceleración constante la afirmación será cierta, si no, concluiríamos que el cuerpo no cae libremente, por lo que *no* constituye una refutación. Esto sucede porque definimos una caída libre como una con aceleración constante. De manera que, de acuerdo con los filósofos mencionados, el enunciado en cuestión no se puede juzgar a partir del experimento, ya que constituye un criterio con el que interpretamos dichas apariencias. La afirmación "*cuando un cuerpo cae libremente, su aceleración es constante*" funciona como una definición y, por tanto, no es refutable.

Sin embargo, Duhem señala que ésta no es una descripción adecuada de la práctica de la física. De acuerdo con él, lo que sucede es que comenzamos con una idea de la *experiencia cotidiana* respecto de qué es una *caída libre* y, después, creamos una *teoría* que debe representar tal idea. Es decir:

> Nuestras observaciones diarias nos muestran toda una categoría de movimientos que hemos reunido bajo el nombre de movimiento de cuerpos graves. Entre estos movimientos se encuentra la caída que experimenta un cuerpo grave cuando no encuentra ningún obstáculo…
>
> Por otra parte, para clasificar las leyes de los movimientos, el físico ha creado una teoría, la teoría de la gravedad…En esta teoría, destinada a proporcionar una representación simbólica de la realidad, también se habla de «caída libre de un cuerpo grave»; por una serie de hipótesis que sostienen todo este esquema, una caída libre ha de ser necesariamente una caída uniformemente acelerada.
>
> Las palabras «caída libre de un cuerpo grave» tienen en la actualidad dos sentidos diferentes. Para el que desconoce las teorías físicas, tienen un significado *real*: significan lo que el sentido común [*sens commun*] entiende cuando las pronuncia; para el físico, tienen un

> sentido simbólico, significan: «caída uniformemente acelerada». La teoría no habría alcanzado su objetivo si el segundo sentido no fuera el signo del primero, si una caída, considerada libre por el sentido común [*sens commun*], no fuera también una caída de aceleración uniforme, o casi uniforme, teniendo en cuenta, como hemos dicho, que las constataciones de sentido común son esencialmente constataciones carentes de precisión. (Duhem 2003, p.276)

Es decir, los *conceptos de la física* no se construyen, por así decirlo, de la nada; más bien se formulan buscando que mantengan un cierto acuerdo con la *experiencia cotidiana*. Nótese que Duhem dice que el término 'caída libre' tiene un significado *real* que es el del sentido común y uno *simbólico* que es el de la física. Implícitamente, él sostiene que el acceso que tenemos a la realidad nos lo da nuestra *experiencia cotidiana*; de manera que *los conceptos de la física deben poder funcionar como signos de los de la experiencia cotidiana*. El concepto de la física de "caída libre" debe entenderse como un *signo* que representa lo que, en la *experiencia cotidiana*, reconocemos como "caída libre". En otras palabras, los *conceptos de la física* deben representar lo que podemos reconocer en la *experiencia cotidiana*; por lo que *hay una continuidad entre la física y la experiencia cotidiana*.

Esta es la manera en que Duhem resuelve la dificultad de su época con los conceptos que, como el de fuerza, parecían tener implicaciones metafísicas problemáticas. Él no define los conceptos como puramente matemáticos, ya que eso los haría conceptos meramente formales sin contenido empírico. Más bien, los conceptos de la física son *magnitudes* que se definen de tal manera que, mediante teorías y operaciones de medición, representan propiedades de los fenómenos que reconocemos en la *experiencia cotidiana*. Así, los conceptos de física siguen relacionados a la realidad, a la que accedemos por la *experiencia cotidiana*, pero ahora son numéricos y definidos de manera consistente a las teorías.

Hay que reconocer que la idea de que *la física debe representar la experiencia cotidiana* puede parecer extraña, ya que gran parte de la física resulta contraintuitiva, es decir, contraria a dicha experiencia. Esto ha sido así desde los inicios de la física moderna. Basta mencionar lo extraño que debió parecer, en los siglos XVI y XVII, la idea de que la Tierra se mueve alrededor del Sol. Además, el propio Duhem es conocido por sostener una postura que hoy llamaríamos *antirrealista*, es decir, que él consideraba que las teorías de la

física no debían considerarse afirmaciones verdaderas.[200] Sin embargo, lo que dice Duhem sobre la relación entre los conceptos y leyes de la física con la *experiencia cotidiana no* necesariamente se aplica igualmente a las *hipótesis*. En el ejemplo anterior, lo que se discute no es lo que Duhem entendería como una *hipótesis*, sino la definición de un *concepto*, el de *caída libre*, y una *ley* que se asocia con tal definición. Las leyes y conceptos de la física debían representar, a través de operaciones de medición, las observaciones que podemos hacer en la *experiencia cotidiana*, pero de manera precisa y asistida por teorías. En contraste, las *hipótesis* no necesitan cumplir ellas mismas este requisito; sólo necesitan que las leyes que se deduzcan de ellas lo cumplan. En mi lectura de Duhem, el hecho de que las *hipótesis* enuncien relaciones entre términos y conceptos que sí son signos de los de la *experiencia cotidiana* garantiza que sus consecuencias se puedan reconocer, finalmente, en la *experiencia cotidiana*. Pero las relaciones que enuncian las *hipótesis* mismas, de acuerdo con Duhem, no son verdaderas o falsas, sólo pueden ser adecuadas o inadecuadas para permitir la *deducción* de las leyes.

Sin embargo, hay una consecuencia más que Duhem (2003, p.277-278) resalta de su análisis del concepto de 'caída libre'. Él menciona que los instrumentos de medición, al ser más precisos que los sentidos que usamos en la *experiencia cotidiana*, pueden permitirnos descubrir que la "caída libre" de un objeto, de hecho, se desvía ligeramente de la aceleración constante. En ese caso, hay dos opciones, buscar una nueva definición de 'caída libre' para la física o agregar hipótesis que expliquen la desviación (como postular causas de error en la medición). Aunque normalmente recurriremos a la segunda opción, no hay nada ilógico en considerar la primera. La opción que escogemos, de acuerdo con Duhem, depende de un tipo de juicio que no es ni deductivo ni inductivo, y será el tema de los siguientes dos capítulos.

5.6 El razonamiento matemático según Duhem

Antes de terminar este capítulo hay una cuestión más que considero relevante mencionar. La cuestión de cómo entiende Duhem el *razonamiento matemático* que es esencial para su concepción de la física. Como hemos visto, la manera en que Duhem describe la formulación de los *conceptos de la física* le permite sostener la idea de que ésta utiliza casi

[200] Es importante mencionar que sí hay una forma de *realismo* en la filosofía de la ciencia de Duhem, ya que consideraba que las teorías podían llegar a reflejar el orden ontológico de la naturaleza, lo que él llamaba *clasificación natural*.

exclusivamente *inferencias deductivas*. Esto se debe a que los *conceptos de la física* se formulan de tal manera que hacen posible utilizarlos en *razonamientos matemáticos*, los cuales Duhem considera esencialmente *deductivos*. En contraste, Duhem considera que los conceptos de la *experiencia cotidiana* no son adecuados para el *razonamiento matemático*. "Los hechos de la experiencia, tomados en su simpleza original, no podrían servir al razonamiento matemático. Para que puedan ser utilizados por este razonamiento, han de ser transformados y traducidos a símbolos" (Duhem 2005, p.258). La concepción que tiene Duhem del *razonamiento matemático,* como esencialmente *deductivo,* sólo se relaciona con la *experiencia cotidiana* en lo que respecta a los axiomas de las matemáticas.

Duhem sostiene que los axiomas que se utilizan en geometría son enunciados de la *experiencia cotidiana o leyes de sentido común*. "En efecto, los axiomas de los que se deduce la geometría con un rigor tan perfecto, las *preguntas* que formula Euclides al principio de sus *Elementos* son proposiciones cuya verdad evidente afirma el sentido común" (Duhem 2003, p.350, itálicas en el original). Sin embargo, él considera que *no* cualquier enunciado de *la experiencia cotidiana* puede utilizarse como axiomas de matemáticas. De acuerdo con Duhem, la *experiencia cotidiana* no tiene, en general, el grado de simplicidad y claridad que él considera que los axiomas deben tener; sólo aquellas ideas de la *experiencia cotidiana* que sean lo bastante simples son las que podemos utilizar como los *principios de deducción* que son los axiomas.

> La mayoría de ideas abstractas y generales que surgen espontáneamente en nosotros a partir de nuestras percepciones son conceptos complejos y no analizables; no obstante, las hay que, sin apenas esfuerzo, aparecen claras y simples: son las distintas ideas que se agrupan en torno a las nociones de número y figura. La experiencia vulgar [cotidiana] nos lleva a unir estas ideas mediante leyes que, por una parte, poseen la certeza inmediata de los juicios del sentido común y, por otra parte, poseen una claridad y una precisión extraordinarias. Esto ha hecho posible que algunos de estos juicios se consideren premisas de deducciones, en las que la incontestable verdad del conocimiento común se halla inseparablemente unida a la perfecta claridad de los encadenamientos de silogismos. Así se construyeron la aritmética y las geometrías. (Duhem 2003, p.350-351)[201]

A pesar de que Duhem señala que los axiomas de la matemática son *leyes de sentido común*, él consideraba que lo que distingue al *razonamiento matemático* del razonamiento que utilizamos en la *experiencia cotidiana* es el uso preciso y casi exclusivo de *inferencias*

[201] De acuerdo con Duhem, esto no sucede en la física porque ésta requiere, también, ideas y enunciados claros como principios de deducción, pero la *experiencia cotidiana* no provee suficientes ideas de este tipo.

deductivas. Él continuamente se refiere al uso de *inferencias deductivas* como "*razonamiento geométrico*" para indicar esa asociación entre *deducción* y matemáticas. Sin embargo, aun concediendo que los conceptos de física son principalmente numéricos (que son magnitudes), no es necesariamente obvio que el *razonamiento matemático* sea puramente *deductivo*. De hecho, Poincaré difería a este respecto. A inicios del siglo XX se aceptaba que, como había señalado Mill, las *inferencias deductivas* no agregan información en la conclusión que no esté ya contenida en las premisas. No obstante, Poincaré consideraba que las matemáticas sí dan nueva información, lo que parece implicar que el razonamiento puramente *deductivo* es insuficiente para caracterizarlas.[202]

Duhem responde a esta cuestión en un texto de 1912, "La nature du raisonnement mathématique" [La naturaleza del razonamiento matemático], en el cual hace una crítica de algunas ideas de Poincaré.[203] De acuerdo con Poincaré, la novedad y la creatividad de las matemáticas muestra que éstas utilizan un método de prueba que no es reducible al r*azonamiento deductivo*. Poincaré se refiere al *'método de demostración por recurrencia'* el cual es, de acuerdo con él, una *'inducción matemática'.*[204] La diferencia entre esta *inducción matemática* y la *inducción en la física* es, de acuerdo con Poincaré (2015, p.40), que la primera genera conocimiento seguro, mientras que la segunda sólo produce conocimiento probable. En cualquier caso, sin embargo, la *inducción matemática* es ampliativa y permite generalizar, ya que, sus conclusiones pueden aplicarse a una infinidad de valores. "La característica esencial del razonamiento por recurrencia es que contiene, condensa por así decirlo, en una sola fórmula, una infinidad de silogismos" (Poincaré 2015, p.37). Además, para Poincaré, la *inducción matemátic*a es un aspecto característico del *razonamiento matemático*. "Aquí, entonces, tenemos el razonamiento matemático *par excellence*" (Poincaré 2015, p.37).[205]

Duhem no estaba de acuerdo, sin embargo, con Poincaré respecto de que haya tal cosa como una 'inducción matemática'. El método de *recurrencia*, de acuerdo con Duhem (1912/1996, p.224), se puede formular en un esquema *deductivo*; pero aun si esto no fuera

---

[202] Poincaré sostiene esto en el primer capítulo de *Ciencia e hipótesis*.

[203] El título de este texto de Duhem hace referencia al título del primer capítulo de *Ciencia e hipótesis* de Poincaré.

[204] Este método consiste en verificar que una proposición aritmética cumple ciertas condiciones particulares para concluir que se cumple en general. Las condiciones son que la proposición debe ser válida para el número 1 y que, si es válida para un número entero n, entonces es válida para cualquier valor entero sucesivo.

[205] Poincaré incluso sostiene que el razonamiento por recurrencia sirve de fundamento a la aritmética y que constituye un auténtico *principio sintético a priori*, como vimos en la sección 4.1.

posible, dicho método no podría considerarse característico de las matemáticas. Si el método de *recurrencia* fuera un aspecto tan importante del *razonamiento matemático*, sería extraño que los antiguos matemáticos griegos no lo conocieran, ya que se introdujo en el siglo XVI. Además, Duhem considera que lo que realmente permite a las matemáticas obtener conclusiones generales, y producir nuevo conocimiento, es la manera en que se usan y formulan las definiciones de la matemática.

> Las matemáticas no derivan por medios silogísticos sólo de axiomas, sino de axiomas y *definiciones*. Los silogismos con los cuales cualquier capítulo de las ciencias matemáticas comienza tienen axiomas, o teoremas demostrados en capítulos previos, como premisas mayores; pero las proposiciones que sirven como premisas menores son las definiciones de las nociones matemáticas que uno se propone tratar en ese capítulo. (Duhem 1912/1996, p.230)

A diferencia de lo que sucede con los axiomas, nuevas definiciones se pueden plantear continuamente en el desarrollo de las matemáticas. Estas nuevas definiciones pueden tener una forma general, en el sentido de que pueden incluir a otras como casos particulares. De esta manera, las matemáticas pueden llevarnos a conclusiones generales, a pesar de que el razonamiento que las caracteriza es *esencialmente deductivo*.

Al rechazar la idea de que el razonamiento por *recurrencia* constituya una *inducción matemática*, Duhem defiende su concepción del *razonamiento matemático* como elaborado exclusivamente a través de *inferencias deductivas*. La mayor parte del razonamiento en física puede ser *deductivo* gracias a que los conceptos de la física son cuantitativos.

Con todo, y como sucede con cualquier esquema deductivo, los principios fundamentales de la física (o *hipótesis*) no pueden deducirse de otros principios. Las *leyes experimentales* pueden inferirse mediante *inducción*, pero las *hipótesis* se infieren de un modo diferente. *Duhem entiende la distinción entre leyes e hipótesis (y teorías) en términos de las diferencias entre los tipos de inferencias que requieren, es decir, a partir de* su proceso de *descubrimiento*. El paso de los hechos a las leyes puede ser *inductivo*, pero el paso de leyes a las *hipótesis* (que conforman una *teoría*) requiere el uso de un *tipo diferente de inferencia*. Al menos, Peirce reconocía esos dos niveles de abstracción (como vimos en la sección 4.4) cuando reconoce que el paso de los hechos a las leyes (o fórmulas matemáticas) es *inductivo*, mientras que el paso de las leyes a las teorías requería un tipo de inferencia que él llamó, inicialmente, *hipótesis* y más tarde *abducción*. Como veremos en los siguientes capítulos, en ese segundo paso es en el que Duhem habló de *bon sens*.

Capítulo 6. El testeo de hipótesis y el concepto de *bon sens* de Duhem

> "Esos motivos que no derivan de la lógica y que, no obstante, guían nuestras elecciones, esas razones que la razón no conoce, que hablan al espíritu de finura y no al espíritu geométrico, constituyen lo que se llama propiamente el *sentido común* [*bon sens*]".
> (Duhem, 2003, p.286, énfasis en el original)

Introducción

En el capítulo anterior vimos cómo Duhem concibe la distinción entre la *experiencia cotidiana* y la *experiencia de la física*. Él se refiere a los conceptos y leyes de la *experiencia cotidiana* como de sentido común, o *sens commun*, y considera que la física se distingue por el uso de sus propios conceptos y leyes, los cuales tienen características diferentes. La distinción y contraste con los conceptos y leyes de la *experiencia cotidiana* le permite a Duhem caracterizar a los de la física. Sin embargo, la distinción entre estas dos formas de experiencia no es tajante, ya que, en la sección 5.5, vimos que los conceptos de física deben guardar una relación de continuidad[206], de acuerdo con Duhem, con lo que reconocemos en la *experiencia cotidiana*. En otras palabras, hay una continuidad entre los conceptos del sentido común, del *sens commun*, y los de la física.

Por otra parte, en el capítulo anterior también vimos que Duhem identifica diferentes funciones para la *inducción* en la física y en la *experiencia cotidiana*. Aun así, él considera que el *razonamiento en física*, al consistir mayormente en *razonamiento matemático*, sigue *inferencias deductivas*. Adicionalmente, Duhem también reconoce que hay aspectos de la investigación en física que no están determinados ni por inferencias *inductivas* ni por inferencias *deductivas*. Por ejemplo, en la sección 5.5 mencioné brevemente que cuando una *teoría* produce conclusiones que discrepan de las observaciones o experimentos, se pueden considerar dos alternativas. Se puede modificar las hipótesis de una *teoría* o explicar las discrepancias con otras *hipótesis* adicionales. Duhem considera que ese tipo de decisiones no están determinadas ni por inferencias *inductivas* ni *deductivas*, por lo que es necesario un *juicio* basado en un tipo de inferencia diferente. La necesidad de dicho *juicio* está claramente

[206] Como vimos en la sección 4.4, Peirce también señala una continuidad entre la ciencia y la experiencia cotidiana en el uso de la *abducción*.

relacionada con el *testeo de hipótesis*, ya que concierne al reemplazo o conservación de hipótesis.

En este capítulo veremos que Duhem concibe que un tipo de *juicio* utilizado en el ámbito de la *experiencia cotidiana,* el cuál puede ser un recurso importante para la física bajo condiciones de incertidumbre. Es decir, Duhem considera que hay un tipo de *juicio* que es relevante para la física bajo condiciones tales como las que se presentan al encontrar resultados recalcitrantes en el *testeo* experimental de *hipótesis*. Ese *juicio* es lo que Duhem llama *bon sens* o 'buen sentido'. Como veremos, el *bon sens* expresa una manera en que Duhem considera que los recursos de la *experiencia cotidiana* pueden guiar la investigación en física.

El objetivo de este capítulo es analizar el tipo de dificultad en el testeo de hipótesis que suponen el holismo y la imposibilidad de los experimentos cruciales para la cuál Duhem propone el juicio de bon sens como solución. El *holismo en la confirmación* lo he mencionado ya, particularmente en la introducción general y el capítulo 1; consiste en la idea de que los *experimentos de testeo* requieren el uso de varios supuestos, de manera que un resultado negativo se puede atribuir a cualquiera de ellos. Por su parte, los *experimentos cruciales* son aquellos cuyo resultado debe permitir a los investigadores decidir, de manera conclusiva, cuál teoría es correcta, cuando sólo dos alternativas son posibles. Analizaré ambas cuestiones, tanto su noción del *holismo* como la *imposibilidad de los experimentos cruciales,* a lo largo de este capítulo, además de dos ejemplos concretos que Duhem propone para explicarlas.

La relevancia de los argumentos de Duhem, al respecto del *holismo* y la *imposibilidad de los experimentos cruciales*, se deriva de que parecen poner en entredicho el *testeo de hipótesis*. Es decir, a lo largo de este capítulo veremos que al intentar someter *hipótesis* a test mediante experimentos, el *holismo* y la imposibilidad de los e*xperimentos cruciales* parecen hacer imposible una conclusión objetiva sobre la validez o refutación de la *hipótesis* en cuestión. No obstante, Duhem enfatiza fuertemente la necesidad de *testear hipótesis* mediante experimentos. De hecho, los estudios recientes sobre Duhem que sí analizan su reacción a las *teorías* de la época se han enfocado en señalar las críticas de éste a los *modelos*. Aunque esos estudios no tratan directamente sobre sus argumentos respecto del *testeo de hipótesis*, sí han mostrado que *Duhem rechazaba los modelos de los físicos británicos porque dependían de supuestos imposibles de testear*. Este hecho muestra que Duhem veía la posibilidad de testear mediante experimentos *hipótesis* como parte esencial

de una ciencia legítima. En otras palabras, por una parte, Duhem señala argumentos que parecen hacer imposible el *testeo de hipótesis*; pero, por otra parte, él rechaza fuertemente los modelos teóricos cuyas *hipótesis* consideraba que no se pueden testear.

Como veremos, lo que sucede es que Duhem considera que las dificultades que suponen el *holismo* y la *imposibilidad de los experimentos cruciales* no impiden el *testeo de hipótesis*, como tampoco impiden su objetividad. Las dificultades que suponen estas cuestiones, más bien, evidencian la necesidad de un *juicio* basado en un tipo de inferencia distinto a la *inducción* y a la *deducción*. Duhem utiliza el concepto de *bon sens* en el contexto de las discusiones mencionadas para designar el *juicio* en cuestión. Es decir, el *bon sens* es el medio mediante el cual Duhem concibe el *testeo de hipótesis*.

El concepto de *bon sens* de Duhem es, sin embargo, ambiguo y (como vimos en el capítulo 1) ha dado lugar a múltiples interpretaciones. En el capítulo siguiente propondré una manera de entender cómo Duhem concebía el uso del juicio de *bon sens* para el *testeo de hipótesis*, pero aquí resaltaré dos consideraciones importantes respecto de éste. Primero, veremos que *bon sens* se suele traducir como 'sentido común', pero los estudios recientes, a partir de la investigación de R. Niall D. Martin (1991), han concluido que Duhem implícitamente distingue los términos *sens commun* y *bon sens*. Sin embargo, Duhem no es del todo consistente es su distinción de los términos *bon sens* y *sens commun*, por lo que, *en este capítulo, explicaré cómo considero que se debe entender su distinción*. Segundo, a pesar de la distinción del concepto de *bon sens* y *sens commun*, aún considero que Duhem veía al primero como un recurso que típicamente forma parte de la *experiencia cotidiana*. Este aspecto del *bon sens* no es obvio, pero es esencial para entender la solución de Duhem a las dificultades que él identifica en el *testeo de hipótesis* por lo que argumentaré al respecto hacia el final del capítulo.

6.1 El holismo, los experimentos cruciales y el *bon sens*

En *La teoría física*, Duhem (2003, p.242) distingue dos tipos de experimento en física, el *experimento de aplicación* y el *experimento de prueba o testeo*. Él no se detiene sobre el primero, porque su propósito es analizar el segundo. Este tipo de experimento, de acuerdo con él, consiste en someter una *hipótesis* a *test* deduciendo de ella consecuencias para posteriormente disponer las condiciones en que dichas consecuencias deberían observarse. Duhem señala que tradicionalmente se considera que, si las consecuencias de la *hipótesis* en cuestión no se presentan, ésta queda refutada.

Sin embargo, Duhem sostiene que un análisis correcto del *testeo de hipótesis*, de hecho, no puede ser tan sencillo como el que hace la concepción tradicional. Para empezar, Duhem sostiene que en un *experimento de testeo* tenemos que utilizar otros aspectos de la física, como teorías sobre el funcionamiento de los instrumentos o teorías que indiquen el significado de los conceptos y términos científicos.[207] En consecuencia, un resultado recalcitrante podría deberse a un defecto en cualquiera de estas *teorías* adicionales. Es decir, "no podemos poner a prueba hipótesis en aislamiento" (Duhem 2003, p.241 y 246), lo que implica que el resultado negativo se puede atribuir a cualquiera de los muchos recursos que se han utilizado para llevar a cabo la prueba. "Cuando la experiencia contradice algunas consecuencias de una teoría, nos enseña que esta teoría ha de ser modificada, pero no nos dice qué es lo que hay que cambiar" (Duhem 2003, p.285). A esto se le ha llamado *holismo de confirmación*.

Adicionalmente, Duhem sostiene que incluso si el *holismo en la confirmación* no fuera una dificultad, aún habría otra dificultad al intentar testear una *hipótesis*. Cuando obtenemos un resultado negativo en un *experimento de testeo* podemos llegar a pensar que, si supiéramos con certeza que la hipótesis que investigamos es la causante del resultado, entonces una hipótesis contraria debe ser la correcta. Pero esto implicaría asumir que no hay más que dos opciones, la hipótesis inicial y alguna que le es opuesta. Duhem señala que la idea de que un experimento puede escoger entre dos únicas opciones, lo que tradicionalmente se le llama *experimento crucial*, es impracticable. Él considera que, en física, no hay situaciones en que podamos asegurar que no hay más que dos opciones, siempre puede haber una tercera. Por ello, atribuir el resultado negativo de un experimento de testeo a una hipótesis no implica que sepamos cuál es correcta. En otras palabras, en física no hay *experimentos cruciales*, de acuerdo con Duhem.

Como vimos en la sección 1.4, Duhem (2003, p.285-286) considera que hay dos estrategias que el físico puede seguir al encontrar un resultado experimental negativo: la *estrategia tímida* y la *estrategia audaz*. La *estrategia tímida* sería la que sigue un físico que decide conservar la *hipótesis* que se investiga y atribuir el resultado negativo del

[207] Aquí hay que tomar en cuenta lo dice Duhem de los conceptos científicos, como el del volumen, en la sección 5.2. En dicha sección vimos que, de acuerdo con Duhem, sólo para atribuir un volumen a un gas es necesario conocer una gran variedad de aspectos de la física. Duhem considera que las hipótesis se formulan relacionando conceptos científicos, por lo que el testeo de la hipótesis implica probar conjuntamente todos los aspectos de la física que se presuponen en el uso de los conceptos. La relación entre el argumento de Duhem sobre el testeo de hipótesis y su concepción de los conceptos científicos lo han enfatizado expertos como Darling (2002).

experimento a otro de los recursos utilizados en el experimento. Por su parte, la *estrategia audaz* sería la que sigue un físico que decide dar la hipótesis como refutada y buscar hipótesis alternativas. De acuerdo con Duhem, tanto el físico que sigue la estrategia tímida como el que sigue la estrategia audaz pueden tener éxito en explicar el resultado en cuestión. De manera que hay una ambigüedad respecto de cómo elegir cuál estrategia es la más adecuada: la del físico que siguió la estrategia tímida o la del que siguió la estrategia audaz. Duhem (2003, p.286) considera que, en principio, ambas estrategias pueden ser adecuadas; si un físico decide seguir la estrategia tímida y otro decide seguir la audaz, ninguno de los dos tiene derecho a acusar al otro de faltar a la lógica. Sin embargo, cómo veremos, Duhem también considera que *una de las soluciones se debe escoger*, a pesar de que no haya nada contradictorio con la otra.[208] La elección no es inmediata, pero Duhem considera que ésta se debe tomar eventualmente.[209]

Duhem da dos ejemplos concretos para apoyar sus argumentos, ambos de óptica y ambos consistían en experimentos para *testear hipótesis* sobre las características ondulatorias de la luz. El primer ejemplo es un experimento que buscaba testear una hipótesis sobre la dirección de la vibración de un rayo de luz. El segundo ejemplo era un experimento para testear la hipótesis de la naturaleza ondulatoria de la luz y mostrar que era más adecuada que otras alternativas.

La elección de ejemplos por parte de Duhem es interesante, ya que, como señala la investigación de Laudan (1981a), el desarrollo de la óptica en el siglo XIX estuvo relacionado a la emergencia del *método de hipótesis*. Es decir, de acuerdo con Laudan, en el siglo XVIII, se rechazaba la idea de que las teorías de la física se podían construir a partir de *hipótesis* que estuvieran basadas en suposiciones que no hubieran resultado de *inferencias inductivas*. Laudan argumenta que fue la investigación respecto de la naturaleza ondulatoria de la luz lo que llevó a los físicos, durante el siglo XIX, a reevaluar la naturaleza de las *hipótesis* en su actividad.[210] Como vimos en el capítulo anterior, Duhem argumenta que las

---

[208] Como veremos, esta elección es la que Duhem considera que se hace mediante lo que él llama *bon sens*.

[209] Duhem no es muy claro acerca de por qué considera que la elección se debe hacer eventualmente. En principio, uno podría sostener que las dos estrategias (tímida y audaz) se pueden seguir simultáneamente por tiempo indefinido, sin que haya que escoger una. Analizaré los posibles motivos de Duhem para sostener que sí se debe elegir entre las estrategias en la sección 6.5.

[210] Aún a mediados del siglo XIX, John Stuart Mill rechazaba el uso de hipótesis y, al hacerlo, cuestionaba la pertinencia de la *hipótesis ondulatoria de la luz*: "…la mayoría de los pensadores con algún grado de sobriedad admitirán que una hipótesis de este tipo no debe ser recibida como probablemente cierta sólo porque da cuenta de todos los fenómenos conocidos; ya que esta es una condición que algunas veces cumplen, tolerablemente bien, dos hipótesis contradictorias; mientras que probablemente hay muchas otras igualmente posibles" (Mill 1974, p.500).

hipótesis no son resultado de seguir sólo *métodos inductivos* y él sostiene esto en la misma sección de su libro en que habla del *holismo en la confirmación*. En otras palabras, Duhem se deba cuenta de que el desarrollo de la óptica durante el siglo XIX hacía evidente la falta de una nueva comprensión del rol de las hipótesis en física y de cómo se deben formular y testear.

6.2 Primer ejemplo: El experimento de Wiener[211]

El primer ejemplo de Duhem se trata de un experimento llevado a cabo en 1890 por el físico alemán Otto Wiener (1862-1927). En este caso, la hipótesis que Weiner trataba de someter a test había sido propuesta años antes por F. E. Neumann (1798-1895). La hipótesis de Neumann afirmaba que '*en un rayo de luz polarizada, la vibración es paralela al plano de polarización*'.[212] En la época se aceptaba la naturaleza ondulatoria de la luz, pero aún se debatían diversos aspectos de esa concepción, como la dirección de vibración de las ondas de luz en un rayo polarizado. El experimento de Wiener busca establecer si Neumann estaba en lo cierto. Para ello, Wiener hizo reflejar un rayo de luz sobre una superficie de tal manera que interfiriera con el rayo incidente formando una onda estacionaria y, con ayuda de un material fotográfico, debían apreciarse bandas de luz paralelas a la superficie reflejante, si es que Neumann estaba en lo correcto. Dado que el fenómeno en cuestión no se produjo, Wiener concluyó que se había refutado la hipótesis de Neumann.

---

[211] La elección de este experimento como ejemplo resulta un poco extraña, ya que, a pesar de la importancia de la óptica en la discusión de la época sobre el papel de las hipótesis, este caso no es demasiado sobresaliente. De hecho, posiblemente era de poco interés aun en la época en que se publicó el libro de *La teoría física*. Que Duhem lo mencione se debe a que, como señala Martin (1991, p.104-106), fue parte de varios debates en los que Duehm estuvo involucrado durante la última década del siglo XIX. Duhem reutilizó varios de sus artículos en *La teoría física*, entre ellos uno de 1894, en el que discutía este caso. El año anterior, 1893, un ingeniero llamado Eugène Vicaire había citado este experimento para criticar a Duhem. Posiblemente fue debido a ello que Duhem eligió este caso en su artículo de 1894 y luego reutilizó el material en *La teoría física* de 1905.
También es importante mencionar que Brenner (1990b) considera que el análisis de este caso, por parte de Duhem, fue crucial para su abandono del *método inductivo*.

[212] La descripción de Duhem de este experimento puede resultar algo confusa, ya que, el término de *'plano de polarización'* se ha utilizado históricamente con diferentes significados. Hoy entendemos a la luz como una onda que se compone por vibraciones tanto eléctricas como magnéticas. En el siglo XIX, y aún a inicios del siglo XX, se le llamaba 'plano de polarización' al plano que hoy entenderíamos como el que contiene la dirección de propagación del rayo de luz y la dirección de vibración *del campo magnético*. En textos más recientes, sin embargo, el término 'plano de polarización' se usa menos, pero cuando aparece se le refiere como el plano que contiene la dirección de propagación del rayo de luz y la dirección de vibración *del campo eléctrico*. Esto se debe a que en la mayoría de los fenómenos ópticos las vibraciones en el campo eléctrico son las que interactúan con otros materiales por lo que éstas suelen ser el centro de interés. Sin embargo, en el siglo XIX, los términos "polarización de la luz" o "plano de polarización" se le atribuían a Étienne-Louis Malus (1775-1812), quien había estudiado los fenómenos ópticos antes de que se aceptara la teoría ondulatoria de la luz y, en el contexto de Malus, tenía más sentido llamar plano de polarización al que hoy entenderíamos como el que contiene la componente magnética (Cfr. Born & Wolf 1980, p. 28 y p.43).

Sin embargo, Duhem señala que Wiener utilizó otras *teorías*, *leyes* e *hipótesis* en su experimento, además de la *hipótesis* de Neumann. De acuerdo con Duhem, Wiener:

> Admitió que la luz consistía en vibraciones periódicas simples, que esas vibraciones eran perpendiculares al rayo luminoso, que en cada punto la energía media del movimiento vibratorio medía la intensidad luminosa y que la impresión más o menos completa de una película fotográfica marcaba los distintos grados de esa intensidad. Y uniendo a las de Neumann estas distintas proposiciones, y muchas otras que sería demasiado largo enumerar, pudo formular una previsión y reconocer que el experimento desmentía esa previsión. (Duhem 2003, p.244)

De manera que el resultado del experimento no es concluyente, cualquiera de estos otros elementos podría considerarse como el causante del resultado negativo en el experimento de Weiner.

Duhem no estaba tratando de probar aquí que la *hipótesis* de Neumann era, de hecho, correcta; más bien, él trata de mostrar que, en principio, se podría mantener la *hipótesis* y atribuir el resultado a alguna otra de las proposiciones "que sería demasiado largo enumerar" y que se presuponen en el experimento. El *holismo de la confirmación*, es decir, el hecho de que siempre necesitamos hacer uso de varios supuestos al testear hipótesis implica que siempre puede haber más de una manera de explicar un resultado. Él considera que no hay manera de *testear las hipótesis* por separado, de manera que, ante un resultado negativo no tenemos certeza de cuál ha sido la causa del error.

> La física no es una máquina que se pueda desmontar; no se puede probar cada pieza aisladamente y esperar, para ajustarla, a que su solidez haya sido minuciosamente controlada. La ciencia física es un sistema que hay que tomar entero; es un organismo del que no se puede hacer funcionar una parte sin que las partes más alejadas entren también en juego, unas más y otras menos, pero todas en cierto grado. Si en este funcionamiento surge algún problema, alguna dificultad, el físico deberá adivinar, a través del efecto producido en todo el sistema cual es el órgano que necesita ser corregido o modificado, sin que le sea posible aislar ese órgano y examinarlo a parte (Duhem 2003, p.247).[213]

[213] La idea de comparar la investigación en física con diagnosticar a un organismo es interesante porque evidencia una afinidad más entre Duhem y otros autores de su época como Mach y Boltzmann. Como vimos en el capítulo 3, tanto Mach como Boltzmann analizan la investigación en física en términos de las operaciones que realizan los organismos en su proceso de adaptación a un entorno. Sin embargo, Duhem no profundiza en esta cuestión.

A esta manera de concebir a la física, como un sistema que sólo se puede testear en conjunto, se le ha conocido en la literatura posterior como *holismo en la confirmación*.[214] Sin embargo, Duhem sí reconoce que el *holismo* implica que el *testeo de hipótesis*, en física, requiere *un tipo de juicio similar al que debe tomar un médico* al hacer un diagnóstico, sin tener completa certeza de la enfermedad que tiene el paciente. Tanto en el *testeo de hipótesis* físicas como en medicina, se requiere un *juicio* para dirigir las acciones cuando el razonamiento deductivo es insuficiente.

La dificultad aquí surge justamente porque la *lógica deductiva* no determina una solución en estos casos. Una manera en que se suele reconstruir el argumento de Duhem es señalando que, al poner a prueba una hipótesis **H**, sólo podemos deducir consecuencias de ella al tomarla en conjunción con otros enunciados auxiliares **A**. De tal manera que las consecuencias **C** que podemos observar en un experimento las obtenemos de la conjunción de **H** y de **A**, es decir **H ^ A → C**. El problema sería que las reglas de silogismos, de *lógica deductiva*, no nos permiten concluir, sin información adicional, que la negación de **C** implica necesariamente la negación de **H** o si, más bien, implica la negación de **A** o la negación de ambas. Y como hemos visto en el capítulo anterior, las hipótesis tampoco están determinadas, de acuerdo con Duhem, por *inferencias inductivas*.

6.3 Segundo ejemplo: El experimento de Foucault

El segundo ejemplo que menciona Duhem es el caso del experimento llevado a cabo por Léon Foucault (1819-1868) en 1850. Este experimento lo había realizado Foucault con el propósito de poner a prueba la *hipótesis* que afirmaba la naturaleza ondulatoria de la luz. Previamente, se había debatido si la luz estaba compuesta por partículas (*hipótesis de emisión*) o si era una onda (*hipótesis ondulatoria*). La *hipótesis de emisión* había sido considerada por Isaac Newton, en sus estudios sobre óptica, y era defendida a inicios del siglo XIX por investigadores como Pierre-Simon Laplace (1749-1827) y Jean Baptiste Biot (1774-1862); mientras que la *hipótesis ondulatoria* había sido considerada por Christiaan Huygens (1629-1695) y era defendida, a inicios del siglo XIX, por Thomas Young (1773-1829), Augustin Fresnel (1788-1827) y François Arago (1786-1853). El debate entre ambos grupos había llegado a su fin a mediados del siglo XIX, cuando Foucault llevó a cabo su experimento. De manera que el experimento de Foucault era ampliamente considerado, en

[214] Esta conclusión de Duhem no era, en la época, tan controversial u original como se tomó posteriormente. Como vimos en la sección 2.5, Hertz (1893, p.197) afirmó, también, que 'las fórmulas' no se pueden probar por separado sino sólo 'el sistema como un todo'.

el siglo XIX, como un ejemplo de un *experimento crucial* que había decidido el debate entre las dos hipótesis sobre la naturaleza de la luz.[215]

Duhem señala que Foucault identificó una consecuencia del *sistema de emisión* (es decir, de la *hipótesis de emisión* en conjunto con una amplia variedad de supuestos). Dicha consecuencia era que la luz debía moverse a mayor velocidad al atravesar medios transparentes de mayor densidad (como el agua) que en medios menos densos (como el aire). De acuerdo con el *sistema ondulatorio* (que incluía a la hipótesis ondulatoria) la luz debía hacer lo opuesto, es decir, moverse a mayor velocidad en medios menos densos (como el aire) y con menor velocidad en medios más densos (como el agua). Es decir, el sistema de emisión predice que la luz viaja más rápido en agua y más lento en aire, pero el sistema ondulatorio predice lo contrario, que la luz viaja más rápido en aire.[216] De manera que Foucault diseñó su experimento para comparar la velocidad de un rayo de luz en el aire con la velocidad del mismo en agua.

Foucault concluyó que la velocidad de la luz era mayor en aire que en agua, lo que sólo era congruente con el *sistema ondulatorio*. De nuevo, Duhem señala que el hecho de que el resultado del experimento fuera contrario al *sistema de emisión* no implica que, necesariamente, el error se debiera a dicha *hipótesis*. Cualquiera de los otros elementos que formaban parte de, lo que él llamaba, *sistema de emisión*, así como otros supuestos sobre los instrumentos utilizados en el experimento, podía ser el causante del resultado negativo.

Sin embargo, al discutir este experimento, Duhem agrega que, incluso si hacemos a un lado las preocupaciones respecto del carácter *holista de la confirmación*, no podríamos

---

[215] Hoy en día los historiadores consideran que este experimento no fue tan determinante para el debate como llegó a ser considerado, ya que, la hipótesis ondulatoria de la luz ya era mayoritariamente aceptada cuando Foucault llevó a cabo su experimento en 1850. Como señala Olivier Darrigol "Para la muerte de Fresnel, que ocurrió prematuramente en 1827, la oposición francesa a la óptica ondulatoria había casi desaparecido" (Darrigol 2012, p.220). Esto no impidió que, en el transcurso del siglo XIX, el experimento de Foucault llegara a ser visto como decisivo. "Aunque este resultado llegó demasiado tarde para crear un gran revuelo, se citó con frecuencia en tratados ópticos posteriores como la prueba más decisiva del fracaso de la óptica de Newton" (Ibid., p.223). Actualmente, se considera que el trabajo de Thomas Young (1773-1829) pudo ser más decisivo.

[216] La causa de estas conclusiones opuestas puede entenderse considerando lo siguiente: En la versión de la época de la *teoría corpuscular*, las partículas que componen un objeto se mantendrían juntas por la acción de una supuesta fuerza de cohesión; de manera que se pensaba que cuando las partículas de luz atraviesan un medio denso, como el agua, las mismas fuerzas de cohesión del agua atraen a las partículas de luz acelerándolas, con lo que la luz termina moviéndose más rápido. En aire, sin embargo, al ser un medio mucho menos denso, la fuerza de cohesión entre las partículas sería mucho más débil, por lo que se esperaba que las partículas de luz prácticamente no serían aceleradas, por lo que se moverían más lento.
En el caso de la *teoría ondulatoria* de la época, al contrario, la luz se compone de ondas que, en aire, se mueven libremente, pero al atravesar un medio más denso (como el agua), dichas ondas interfieren entre sí de tal manera que las ondas resultantes avanzan a menor velocidad.

concluir que la *hipótesis ondulatoria* es necesariamente correcta. De acuerdo con Duhem, el fracaso de la *hipótesis de emisión* no implica que la *hipótesis ondulatoria* sea correcta. Esto se debe a que nada nos asegura que no pudiera haber una tercera opción, es decir, que la luz, aunque no esté compuesta de partículas, tampoco fuera propiamente una onda. Duhem sostiene que la misma idea de que podemos reducir las opciones a *sólo dos alternativas* está basada en una falsa analogía entre la física y la geometría.[217]

> Entre dos teoremas de geometría que son contradictorios entre sí, no cabe un tercer juicio: si uno es falso, el otro ha de ser necesariamente verdadero ¿Constituyen alguna vez dos hipótesis de física un dilema tan riguroso? ¿Nos atreveríamos a afirmar que no es imaginable ninguna otra hipótesis? La luz puede ser una ráfaga de proyectiles o puede ser un movimiento vibratorio cuyas ondas propaga un medio elástico, ¿le está prohibido ser cualquier otra cosa? (Duhem 2003, p.249-250).[218]

La última pregunta es retórica. Es decir, Duhem considera que los *experimentos cruciales*, en física no tienen poder probatorio, ya que, además de que cualquier testeo experimental se puede interpretar de diferentes formas, no tenemos certeza de que hemos considerado *todas* las hipótesis posibles. "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" (Duhem 2003, p.250). En pocas palabras, para Duhem, *los experimentos cruciales no tienen poder probatorio*, ya que, no podemos reducir *a priori* las hipótesis posibles a sólo dos únicas alternativas.

6.4 La importancia y necesidad del *testeo* de las hipótesis para Duhem

Los argumentos de Duhem podrían entenderse como intentos de mostrar que las *hipótesis* no se pueden someter a *testeo por experimento*, pero es importante tener en cuenta que esa *no es, de ninguna manera, su conclusión*. Pese a que Duhem señala que hay dificultades

---

[217] Es interesante notar que (como ya señalé en una nota a pie de página en la sección 5.3) la idea de que la concepción de los *experimentos cruciales* está basada en una falsa analogía con las matemáticas también se puede encontrar, más de un siglo antes, en los textos de Thomas Reid.

[218] Años después, el físico Luis De Broglie (1892-1987), que contribuyó al desarrollo de la mecánica cuántica, consideró notable el hecho de que Duhem escogiera justamente el debate sobre la naturaleza de la luz como su ejemplo; ya que, en la cuántica, la naturaleza de la luz se llegó a concebir, en efecto, de una manera que no es propiamente la de *emisión del siglo XIX*, pero tampoco corresponde a la *hipótesis ondulatoria*. Él comentaba que "la elección hecha por Duhem de darnos este ejemplo [el experimento de Foucault] ha resultado ser uno particularmente feliz, como resultado de la evolución de nuestras ideas acerca de la luz que él seguramente no había previsto…Esto nos muestra la profundidad de los señalamientos de Duhem sobre los experimentos cruciales y la habilidad con la que sabía instintivamente cómo escoger sus ejemplos. No podemos negar, por tanto, que los análisis de Duhem a menudo están marcados por una gran penetración y alcance" (De Broglie 1954, p.XII).

lógicas en el *testeo de hipótesis*, debido al *holismo* y la *imposibilidad de hacer experimentos cruciales*, él no negaba que las hipótesis podían someterse a test por experimentos. Al contrario, Duhem enfatiza la importancia de los *experimentos de testeo* e, incluso, rechazó importantes teorías de su época porque (consideraba que) carecían de evidencia experimental. Esta posición de Duhem se aprecia con mayor claridad en su análisis de las *teorías mecánicas* del siglo XIX. Una revisión breve de dicho análisis muestra que Duhem, no sólo pensaba que sí es posible someter hipótesis a test, sino que, además, veía a la posibilidad de dicho testeo como *esencial* para la física.

Como ya hemos visto en el capítulo 3, en la época de Duhem había varios físicos que buscaban reducir las diferentes áreas de la física a la mecánica (*programa mecanicista*). Duhem describe la historia de esos intentos en su libro de 1903 *L'évolution de la mécanique*. En dicho libro, Duhem señala que, en el afán de llevar a cabo el *programa mecanicista*, se habían construido teorías que resultaban erróneas o, en el mejor de los casos, escapaban al *testeo experimental*. Esto había sucedido al seguir dos tipos de métodos. "Las tentativas de la primera categoría son las que siguen un método que se le puede denominar justamente *Método sintético*" (Duhem 1903, p.180, itálicas en el original).

Duhem (1903, p.180-181) señala que los *métodos sintéticos* comienzan con la suposición de que los cuerpos materiales se componen de partículas (o masas puntuales) a las que se les atribuye ciertas características. A partir de las partículas propuestas, sus características y las leyes a las que se asume que están sujetas, se intenta derivar las ecuaciones de movimiento del sistema que se investiga. En otras palabras, los métodos que Duhem llama *sintéticos* buscaban describir los sistemas físicos 'desde abajo hacia arriba', partiendo de las partículas para dar cuenta de las características macroscópicas. Como señala Michael Liston: "Es una física de ecuaciones diferenciales cuya clase natural de aplicaciones son los problemas de valores iniciales. Mientras que esto funcionó exitosamente para describir el movimiento de cuerpos celestes, Duhem argumenta, había muchas dificultades especialmente cuando se trata con fenómenos terrestres" (Liston 2017, p.77).

Las dificultades con las que habían tropezado los *métodos sintéticos* en el siglo XIX para producir descripciones empíricamente adecuadas eran el motivo por el que Duhem los rechazaba. Los *métodos sintéticos* funcionaban mejor al aplicarlos a sistemas aislados, en los que no hay pérdidas de energía; pero al aplicarlos a sistemas sin tal aislamiento sólo funcionaban apelando a procesos moleculares ocultos y, en opinión de Duhem, *ad hoc*. Algo similar sucedía al intentar aplicar los *métodos sintéticos* al estudio de otras áreas de la física.

"Puntos materiales 'visualizables' sujetos a fuerzas centrales dependientes de la posición, tan exitosos para representar fenómenos celestes, estaban mal preparados para representar fenómenos electromagnéticos, 'fenómenos 'disipativos' en máquinas térmicas y reacciones químicas, fenómenos de fluidos, etcétera" (Liston 2017, p.77).[219] Debido a ello, Duhem consideraba que muchos, además de él, habían rechazado los *métodos sintéticos*. "En todas las épocas, después del renacimiento de las ciencias físicas, pero particularmente en la nuestra, este *Método sintético* se enfrentó con la repugnancia de ciertas mentes" (Duhem 2003, p.181, itálicas en el original). Para Duhem, *la incapacidad de producir descripciones empíricas adecuadas era motivo suficiente para rechazar las hipótesis de los métodos sintéticos*.

Duhem se refiere a los métodos de un segundo tipo (a los que distinguen de los sintéticos) como *métodos analíticos.* Este tipo de métodos comenzaron con el trabajo de Joseph-Louis Lagrange (1736-1813), quien había mostrado que podía utilizar nuevas técnicas matemáticas para resolver problemas de estática; esto se lograba partiendo de un principio general abstracto, el así llamado *principio de velocidades virtuales*. Lagrange también mostró que con un principio más general (el *principio de d'Alembert*) podía extender su aproximación a problemas dinámicos. Aquí se trataba de tomar en cuenta directamente las constricciones de un sistema mecánico y los movimientos que esas restricciones permiten (las velocidades virtuales). Es decir, la aproximación de Lagrange partía de *principios generales* para, a partir de ellos y utilizando nuevas técnicas matemáticas, derivar conclusiones sobre los sistemas que se estudia, *sin recurrir a suposiciones sobre las partículas o procesos microscópicos*.[220]

Después de Lagrange, otros teóricos mostraron que, con ayuda de principios adicionales, se podía aplicar métodos similares a otras áreas de la física. En particular, "Duhem estaba sorprendido de la analogía entre estos métodos de mecánica lagrangiana y

[219] Hay que tener en cuenta que, debido al programa mecanicista de reducir todas las áreas de la física a la mecánica, las dificultades que los *métodos sintéticos* encontraban al tratar con fenómenos electromagnéticos o térmicos constituían un problema grave.

[220] La manera de entender los *principios* de la mecánica de Lagrange cambió durante el siglo XIX siguiendo, a grandes rasgos, el desarrollo que vimos en el capítulo 2. En un inicio los *principios* eran vistos como *verdades evidentes*, pero poco a poco se reconoció que debían entenderse, más bien, como *hipótesis*. Como señala Helmut Pulte, el propio Lagrange parece haber notado la necesidad de cambiar esa concepción inicial: "Lagrange quería empezar su mecánica con un principio, es decir, el principio de velocidades virtuales. En la primera edición de su *Mecánica Analítica*, él introdujo este principio general *verbatim* como un 'tipo de axioma'. En la segunda edición, sin embargo, él mantuvo el título, pero tuvo que admitir que su principio carecía de una característica decisiva de un axioma en el sentido tradicional: No es 'suficientemente evidente como para ser establecido como un principio primordial'" (Pulte 2009, p.82).

los métodos pioneros de termodinámica desarrollados por Clausius, Helmholtz y Gibbs…A lo largo de su vida como físico teórico, él [Duhem] formuló, defendió y promovió activamente un programa de energetismo (termodinámica generalizada), extendiendo principios analíticos a una amplia variedad de sistemas mecánicos, termodinámicos, químicos y electromagnéticos" (Liston 2017, p.78). Para Duhem era particularmente importante el hecho de que los *métodos analíticos* evitaban el uso de mecanismos microscópicos ocultos (como moléculas y átomos).

James Clerk Maxwell también había utilizado la aproximación analítica en su estudio de fenómenos electromagnéticos. Pero Maxwell evitaba los mecanismos microscópicos sólo provisionalmente, puesto que esperaba poder proveer eventualmente *modelos atomistas* para los fenómenos que estudiaba. Dados lo problemático que eran los *métodos sintéticos* y el éxito de Maxwell al usar los analíticos, él y otros físicos habían intentado continuar el programa mecanicista haciéndolo consistente con los *métodos analíticos*. Esto podía hacerse asumiendo que, dado que los principios utilizados por estos métodos se consideraban mecánicos, (en principio) se puede hacer corresponder las descripciones teorías con algún *modelo mecánico*. Dicho modelo *explicaría* la naturaleza subyacente del *sistema físico* para el cual se haya producido la descripción teórica con el método de Lagrange. En palabras de Duhem:

> A las cantidades que caracterizan el sistema físico sometido a experimentos podremos hacer que les correspondan las variables y velocidades que fijan la forma y el movimiento de un determinado sistema mecánico; de modo que las leyes que rigen las transformaciones de los dos sistemas serán expresadas por las mismas ecuaciones. El funcionamiento del sistema mecánico luego explicará las propiedades del sistema físico" (Duhem 1903, p.182).

La mayoría de los físicos continentales, como Hertz, esperaban que esto pudiera hacerse con un sólo *modelo*, pero los físicos británicos, como Maxwell, solían proponer diversos *modelos*, muchas veces *inconsistentes*.

Duhem cita al físico William Thomson (1824-1907), lord Kelvin, como representante de los físicos que enfatizaban la construcción de *modelos mecánicos* para *explicar* las descripciones teóricas producidas por los *métodos analíticos*. Estos *modelos* debían *explicar* la naturaleza de los fenómenos haciéndolos inteligibles: "Nunca me siento satisfecho—sigue diciendo W. Thomson en otro pasaje—, hasta que no he podido construir un modelo mecánico del objeto que estudio; si puedo hacer un modelo mecánico, lo comprendo" (W. Thomson citado en Duhem 2003, p.91). Duhem tomaba esta postura como

representante del tipo de física que se hacía en Gran Bretaña y la criticó duramente por el uso de múltiples modelos *incoherentes*. "Una serie de modelos dispares no puede considerarse una teoría física, porque carece de lo que es la esencia misma de una teoría, la unidad, que vincula en un orden riguroso las leyes de los diversos grupos de fenómenos" (Duhem 1903, p.195).[221]

En general, Duhem rechaza firmemente el uso de los *métodos analíticos* para llevar a cabo el programa mecanicista, como rechazaba a los *métodos sintéticos*, pero por razones diferentes. *Ambos rechazos están relacionados con la manera en que los experimentos de testeo debían controlar la formulación de hipótesis*.[222] En el caso de los *métodos analíticos* para llevar a cabo el programa mecanicista, Duhem consideraba que no había manera de *testear las hipótesis* de los modelos que proponían. Duhem reconoce que los modelos de Thomson, por ejemplo, pueden ser consistentes con los experimentos "Pero la hipótesis de W. Thomson se hunde tan profundamente en las apariencias sensibles que resulta muy difícil volver a ellas y dar una explicación de los hechos que observamos todos los días" (Duhem 1903, p.176). En parte, esto se debía a que los físicos que defendían el *programa mecanicista* eran poco claros, en la opinión de Duhem, al momento de indicar cómo era que sus modelos se relacionaban con los sistemas físicos concretos. "Para demostrar el teorema de Maxwell basta con formular hipótesis extremadamente generales; pero, si nos limitamos a estas hipótesis, las consecuencias de la teoría cinética de los gases son demasiado indecisas y demasiado mal definidas para que sea posible compararlas con la experiencia" (Duhem 1903, p.99).

Por otra parte, y como señalan José R. N. Chiappin y Cássio Costa Laranjeiras, "El punto de vista metodológico de Maxwell sobre el programa mecanicista (como el de muchos de sus contemporáneos) presupone acríticamente una tesis generalizada acerca de la relación

---

[221] Duhem (2003, p.132-134) justifica la necesidad de coherencia lógica en las teorías físicas apoyándose en el sentido común (*sens commun*). De acuerdo con él, es el *sens commun* el que nos permite justificar la búsqueda por teorías lógicamente consistentes y rechazarlas siempre que sean incoherentes. Veremos en las siguientes secciones cómo podemos entender las apelaciones de Duhem al concepto de *sens commun*. Sin embargo, podemos notar que, con excepción de quienes defendían el uso de *modelos* a la manera de los británicos, la búsqueda por coherencia lógica había sido importante para los físicos que adoptaron el método analítico. Como señala Pulte: "En la concepción de mecánica de Lagrange, su cálculo más alto sirve como un elemento de unidad en las cadenas deductivas. En la medida que el orden y la unidad se convierten en los objetivos principales, y el cálculo el medio principal, esta mecánica es correctamente llamada analítica, así se expresaba tanto las ambiciones metodológicas como el carácter matemático específico de esta ciencia" (Pulte 2009, p.82).

[222] Es importante tener en cuenta que Duhem adoptó el uso de *métodos analíticos* en su propia práctica, su rechazo es sólo respecto del uso de los mismos por parte de quienes defendían el *programa mecanicista*; específicamente, él critica la asociación de esos métodos con explicaciones mecánicas como las que proveían los *modelos atomistas*.

entre la formulación de Lagrange de la mecánica y la interpretación mecánica de fenómenos físicos" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.44). Es decir, la suposición de que los principios utilizados en los *métodos analíticos* son necesariamente mecánicos era errónea, de acuerdo con Duhem. "La interpretación mecánica es, para él, una de muchas posibles interpretaciones del sistema lagrangiano de ecuaciones y coordenadas generalizadas" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.44). Los principios y conceptos usados en los *métodos analíticos* bien podían entenderse, por ejemplo, como consecuencia de principios termodinámicos fundamentales, no reducibles a principios mecánicos. Aún hoy en día, autores como Marck Wilson consideran que esta crítica de Duhem era razonable:

> Aferrarse fieramente a una alternativa puramente mecánica, por ninguna otra razón que la de no ver las ideas térmicas como 'fundamentales', representa la clase de prejuicio metafísico que Duhem espera borrar de la ciencia. Y él tiene razón; deberíamos evitar estos obstáculos descriptivos de conjeturas 'intuitivamente plausibles', puesto que la naturaleza trabaja de más maneras sorprendentes de las que solemos anticipar. (Wilson 2017, p.156)

Uno bien podía aceptar las interpretaciones que ofrecían los *modelos mecánicos*, pero no había motivos para preferirlas sobre otras interpretaciones que, Duhem consideraba, estaban disponibles. El propio Duhem propone su alternativa en la segunda parte de su libro *L'évolution de la mécanique*.[223] Físicos, como Poincaré (2015, p.303-305), incluso habían señalado que las interpretaciones mecanicistas podían ser problemáticas debido a una incompatibilidad entre el mecanicismo y la *segunda ley de la termodinámica*. Esto se debía a que el mecanicismo implicaba que todos los movimientos son reversibles, pero la segunda ley de la termodinámica contradecía esto. "*Todos los movimientos regidos por la Dinámica de d'Alembert y de Lagrange son movimientos reversibles…los movimientos naturales no son reversibles*" (Duhem 1903, p.142, itálicas en el original). Sin embargo, Duhem nota que esa incompatibilidad entre el mecanicismo y la segunda ley de la termodinámica es fácil de resolver, sólo se requiere admitir el *atomismo*.

[223] De acuerdo con algunos historiadores de la ciencia, a pesar del triunfo del atomismo en el siglo XX, se puede decir que la física que trata con medios continuos, en buena medida, siguió una dirección similar a la que Duhem trató de señalar. "Durante la segunda mitad del siglo XX, Clifford Truesdell y sus estudiantes, usando nuevas técnicas matemáticas, proporcionaron un fundamento riguroso para mucha de la física macroscópica de continuos que era conceptual y matemáticamente problemática en el siglo XIX y que impulsó a los físicos a desarrollar técnicas analíticas. Este tratamiento contemporáneo acepta un fondo de átomos y fuerzas fundamentales, pero no tratan de explicar los fenómenos de continuos en términos de estos elementos. En su lugar, ellos trabajan en la escala enteramente macroscópica y, siguiendo el ejemplo de Duhem, tratan de imponer orden coherente, conceptual y matemáticamente, en los dominios que estudian" (Liston 2017, p.81).

Los *modelos mecánicos atomistas* podían dar explicaciones respecto de porqué algunos procesos naturales nos parecen irreversibles. De hecho, los *modelos atómicos*, dado que son inaccesibles a los sentidos, pueden explicar cualquier problema que tengan las teorías mecanicistas. "*Cualquiera que sea la forma de las leyes matemáticas a las que la inducción experimental somete los fenómenos físicos, siempre es posible afirmar que estos fenómenos son efectos de movimientos, sensibles u ocultos, sujetos a la dinámica de Lagrange*" (Duhem 1903, p.148, itálicas en el original). Esto se puede hacer de manera *ad hoc* porque las teorías mecanicistas deliberadamente son ambiguas al especificar las relaciones entre los fenómenos observados y los *modelos atómicos*. "Como se ha dicho, la arbitrariedad e indeterminación de estos mecanismos invisibles de masas y movimientos ocultos hace posible construir una explicación mecánica para cualquier ley empírica" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.47). Esto es lo que Duhem consideraba que habían tratado de hacer, por ejemplo, Maxwell y Boltzmann al recurrir a la *mecánica estadística*. "No hay ninguna incompatibilidad posible entre el mecanicismo y los hechos experimentales. El método mecanicista, basado en la mecánica de Lagrange y en la indeterminación y arbitrariedad del sistema de masas ocultas en movimiento, no es falsable de ninguna manera" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.47).

Sin embargo, el mismo motivo por el que Duhem considera que la segunda ley de la termodinámica no es problemática para el programa mecanicista pone en evidencia, también, porque *debe rechazarse*. Para Duhem, la aproximación mecanicista que usaba *métodos analíticos* evitaba la posibilidad de los *experimentos de testeo*. Al ser imprecisa la relación entre las descripciones teóricas de los *métodos analíticos* y los *modelos mecánicos*, no había manera en que estos últimos pudieran someterse a test. "Es cierto que esta imprecisión protege a la teoría de las contradicciones experimentales; pero, por otra parte, le priva del control de los hechos" (Duhem 1903, p.154). Como señalan José R. N. Chiappin y Cássio Costa Laranjeiras: "Duhem estaba particularmente preocupado con el carácter infalsificable de las teorías producidas por la aplicación del método analítico y con su estrategia para evitar la falsabilidad de las teorías físicas…Las teorías no falsables no cumplen la concepción de Duhem de crecimiento científico como racional y contínuo" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.44).

Lo importante aquí es enfatizar que, para Duhem, el desarrollo de la ciencia dependía fuertemente de la posibilidad de controlar *hipótesis* mediante *experimentos de testeo*. "Él no piensa que las hipótesis y métodos que construyen teorías físicas no falsables hagan al

crecimiento científico racional y continuo…Para Duhem, un método racional para construir teorías físicas…debe optimizar la testabilidad empírica de las teorías físicas" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.48). De hecho, Duhem enfatizaba que: "Un único criterio permite, en física, rechazar como falso un juicio que no implica contradicción lógica: la observación de un desacuerdo flagrante entre ese juicio y los hechos de la experiencia" (Duhem 1903, p.183).

Podemos aceptar explicaciones mecanicistas de los fenómenos, pero, de acuerdo con Duhem, también podríamos explicarlos de otras maneras. El problema con el programa mecanicista es el hecho de que someter a test sus explicaciones es algo que va más allá del método del físico. "Por tanto, para quienes se atienen a los procedimientos del método experimental, es imposible declarar verdadera esta proposición: *todos los fenómenos físicos pueden explicarse mecánicamente*. También es imposible declararla falsa. *Esta proposición es trascendente al método de la física*" (Duhem 1903, p.184, itálicas en el original). Las explicaciones mecanicistas, como las *explicaciones metafísicas* en general, no tienen lugar dentro de la física, de acuerdo con Duhem. *Las teorías no son explicaciones, sino representaciones de los fenómenos*.

Podría criticarse el rechazo de Duhem al mecanicismo señalando que, en principio, una teoría podría consistir en un conjunto de hipótesis mecanicistas junto con hipótesis de otro tipo, de manera que, en *conjunto*, podrían tener consecuencias testeables por experimentos. Es decir, debido al *holismo* que el mismo Duhem señala, las hipótesis mecanicistas, que por sí mismas no tienen consecuencias que se puedan someter a un *experimento de testeo*, pueden tener dichas consecuencias como parte de teorías más amplias. Sin embargo, Duhem rechaza también esta posibilidad para las hipótesis mecanicistas. De acuerdo con él, las teorías, en general, se pueden dividir en dos partes "una es la parte meramente representativa, que se propone clasificar las leyes; la otra es la parte explicativa, que se propone captar la realidad que hay detrás de los fenómenos" (Duhem 2003, p.38). Duhem argumenta que el desarrollo histórico de las teorías muestra que sólo la parte *representativa* se conserva en el cambio teórico, mientras que la parte *explicativa* se abandona. Debido a que Duhem considera que la física progresa hacia una teoría ideal, a la que llama *clasificación natural*, él sostiene un *principio de continuidad* para el desarrollo histórico de las teorías. "Para Duhem, ni la visión metafísica de la física ni el método de construcción de modelos puede cumplir con el principio de continuidad" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.49).

Duhem considera que los modelos mecanicistas, así como cualquier supuesto *explicativo* que forme parte de las teorías, no tienen consecuencias en los *experimentos de testeo*. Duhem considera *metafísico* aquello que no se puede establecer mediante experimentos. En general, él sostiene que las consideraciones explicativas son metafísicas, puesto que no son suficientemente específicas como para que de ellas se deriven consecuencias concretas. Sólo las *partes representativas* tienen el tipo de consecuencias que se pueden investigar por experimentos y es por ello que esa es la parte que se conserva en el cambio de teorías. Las *partes explicativas* cambian de manera similar a como cambian las cosmovisiones de las escuelas *metafísicas*. "Así, la continuidad del progreso científico es explicada viendo a la naturaleza de las teorías físicas como estructuras representacionales" (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.50).[224]

No obstante, las teorías que Duhem consideraría bien construidas sí deben estar sometidas al control de los *experimentos de testeo*.

> Duhem defiende la posición de que el método experimental puede rechazar teorías físicas (bien construidas), y rechaza el uso de métodos e hipótesis que introducen indeterminación y arbitrariedad en la teoría física…Pero no es verdad que el método experimental no pueda ayudar a rechazar ninguna teoría…Si las teorías no son falsables es nuestra culpa. Es esencial para la concepción de progreso científico de Duhem, que el método experimental pueda refutar y rechazar teorías físicas. (Chiappin y Costa Laranjeiras 2017, p.49)

El énfasis de Duhem en la necesidad de controlar hipótesis y teorías mediante los *experimentos de testeo* explica su postura respecto de las teorías atomistas de finales del siglo XIX. Sin embargo, eso no explica su rechazo a otra teoría importante que surgió a inicios del siglo XX: la *relatividad especial* de Albert Einstein. El caso de Einstein es

[224] Hay que reconocer que parece dudoso, por lo menos, que siempre se pueda distinguir tajantemente entre la *parte representativa* de una teoría y una *parte explicativa*. Marie Gueguen y Stathis Psillos (2017) llaman la atención sobre esta cuestión y proponen que la distinción de Duhem se puede entender asumiendo que éste no estaba comprometido con un *holismo radical*. A grandes rasgos, Gueguen y Psillos consideran que, como la *parte explicativa* se conserva al pasar de una teoría a otra, ésta puede considerarse apoyada empíricamente por sí misma; es decir, su *testeo* no está afectado por el holismo. El hecho de ser parte necesaria de las teorías exitosas es lo que muestra que tienen apoyo empírico. Sin embargo, no se puede mostrar el apoyo empírico de la *parte explicativa* de la misma manera, ya que esta no se suele conservar en nuevas teorías empíricamente exitosas. Aunque es interesante la propuesta de Gueguen y Psillos, considero que ésta depende de asumir que, para Duhem, lo que se conserva de una teoría a otra, en el desarrollo histórico, se debe *sólo* a su apoyo empírico. Pero, como señala Hasok Chang (2012, p.246), puede haber muchas razones por las que un determinado supuesto se conserva en el cambio teórico, incluyendo preferencias estéticas, que no necesariamente se relacionan al apoyo empírico. En el capítulo 1 de la primera parte de *La teoría física*, Duhem argumenta que hay aspectos metafísicos que se han llegado a presuponer en las teorías debido a la influencia de una ciertas escuelas de pensamiento; en principio, la persistencia de una misma escuela podría explicar, por ejemplo, que las teorías conserven supuestos a través del cambio teórico, pero eso no haría que dejaran de ser supuestos explicativos.

interesante porque, al menos en la relatividad, él siguió una aproximación cercana a la recomendada por Duhem. Comenzar con principios generales que no apelan a procesos microscópicos ocultos y sacar conclusiones a partir de ellos "...las propias teorías de Einstein de la relatividad especial y general hacen eso exactamente" (Liston 2017, p.81). No obstante, Duhem reaccionó de manera muy negativa a la relatividad. Es decir, la queja de Duhem contra el mecanicismo explica buena parte del rechazo de Duhem a otras teorías de la época, pero no su rechazo a la *relatividad especial*. Es por ello que analizaré con cuidado ese rechazo en el capítulo 8.

Por el momento la cuestión que queda es: *si el control de las hipótesis mediante experimentos de testeo es tan esencial para Duhem ¿cómo esperaba él que dichos experimentos pudieran cumplir esa función dado lo que él ha señalado sobre el holismo y la imposibilidad de los experimentos cruciales?*

6.5 La elección de *bon sens*

Lo que Duhem muestra con sus dos ejemplos (el Foucault y el de Wiener de las secciones 6.3 y 6.4) es que, en principio, hay diferentes conclusiones que se pueden obtener de un *experimento de testeo* al obtener un resultado negativo. Un científico puede concluir que la *hipótesis* que se buscaba testear falla y se debe aceptar una *hipótesis* diferente, mientras que otro puede atribuir el resultado a otras teorías o recursos utilizados en la prueba (estrategia tímida y estrategia audaz). Además, Duhem enfatiza que difícilmente habrá casos en los que sólo dos *hipótesis* sean posibles, de tal manera que refutar una implique que la otra sea correcta.

Nótese que ni el caso del experimento de Foucault ni el de Wiener son casos de *subdeterminación contrastiva*, como señala Jamie Shaw (2020, p.74).[225] Es decir, *no* se trata de casos en que se tienen dos teorías *igualmente* consistentes con los resultados experimentales. El experimento de Foucault, de hecho, generó un resultado que sólo era consistente con el *sistema ondulatorio* y no con el de emisión; mientras que el experimento de Wiener era contrario a la *hipótesis de Neumann*. En ambos casos, los resultados experimentales están en conflicto con las consecuencias de una de las hipótesis. La *duda* que esta situación genera (y que, de acuerdo con Duhem, ni las *inferencias deductivas* ni las

[225] Argumenté sobre este punto, también, en la sección 1.4.

inductivas resuelven) es cómo se debe proceder en estos casos; ya que la refutación de la hipótesis *no* es la única alternativa.[226]

Aquí uno podría preguntarse por qué es necesario elegir. Es decir, en principio, nada nos impide dejar que unos físicos sigan la *estrategia tímida* mientras que otros siguen la *audaz*, cuando se ha encontrado un resultado recalcitrante en un *experimento de testeo*. Fairweather (2012b, p.144) argumenta que, dado que Duhem ha mostrado que los resultados de un experimento no determinan la elección de *teorías*, sin algún medio adicional, nunca podríamos elegir, sin importar cuánta evidencia nueva podamos descubrir. Aunque la elección de la que habla Duhem es entre *estrategias*, más que entre *teorías*, Fairweather está en lo cierto respecto de que, si no hay una elección, acumularíamos hipótesis sin fin.[227] Como vimos en la sección 1.4, la interpretación de Shaw (2020, p.71) es que Duhem sugiere que tanto la estrategia tímida como la audaz se deben seguir inicialmente; pero aun Shaw acepta que, para Duhem, se debe elegir eventualmente. Además, en la sección 6.4 vimos que para Duhem es esencial que las hipótesis y teorías puedan ser refutadas por los *experimentos de testeo*.

Una acumulación indefinida de *hipótesis* inconsistentes entre sí estaría en conflicto con la concepción de Duhem del progreso científico, ya que él considera que el ideal de las *teorías* es asemejarse a una *clasificación natural*. Como vimos en la sección 5.5, Duhem consideraba que las teorías son *representaciones* y *clasificaciones* de *leyes experimentales*. Las teorías clasifican leyes, de acuerdo con Duhem, en el sentido de que dichas leyes pueden separarse y agruparse a partir del *sistema teórico* del que se deducen. Es decir, una teoría

---

[226] Como señalé al final de la sección 6.2, el tipo de caso que discute Duhem se puede reconstruir, en *lógica deductiva*, como uno en el que se niega la consecuencia de una conjunción; en esos casos no hay reglas de lógica deductiva que nos permitan concluir cuál elemento de la conjunción es falso. Por otra parte, en el mismo capítulo de *La teoría física* en que Duhem analiza estos casos, él argumenta en contra del *método inductivo*. Una vez que Duhem ha señalado que ni las *inferencias deductivas* ni las *inductivas* indican cómo proceder ante un resultado recalcitrante es que propone su solución: el uso del *bon sens*.

[227] Esto sucedería porque, como vimos, en los ejemplos de Duhem ya hay resultados en contra de una hipótesis y no es claro que continuar ambas estrategias nos lleve eventualmente a una situación diferente. Es decir, podemos adoptar la estrategia audaz y concebir otra hipótesis, pero esto no hará que el físico que sigue la estrategia tímida abandone la suya. Incluso si la nueva hipótesis producida por la estrategia audaz lleva a nuevos descubrimientos, aún podríamos continuar la estrategia tímida para dar cuenta del resultado experimental original y de los nuevos descubrimientos de la estrategia audaz. No hay un fin claro en este proceso.
Esto es básicamente lo que señala Fairweather (2012b p.144) y la razón por la que él enfatiza que los casos que discute Duhem requieren un medio adicional para hacer una elección. Bhakthavatsalam (2017, p.27-28) critica este argumento señalando que la evidencia que un investigador podría llegar a descubrir eventualmente puede, en principio, determinar la elección "sin importar que tan improbable sea esto". Sin embargo, Bhakthavatsalam no da ningún motivo para pensar que hay alguna manera objetiva de determinar que una de las estrategias se debe abandonar.

particular permitirá deducir ciertas leyes, de manera que éstas quedan unidas porque pertenecen al mismo *esquema deductivo*; por otra parte, esas leyes quedan separadas de aquellas que sólo se pueden deducir a partir de otra teoría. "Los conocimientos así clasificados se pueden utilizar de una manera cómoda y segura" (Duhem 2003, p.28). Como señala Jules Vuillemin, "La clasificación que él [Duhem] tiene en mente es clasificación química" (Vuillemin 1991, p.XXVII). Así como la tabla periódica clasifica elementos, en química, de manera que facilita el proceso de *inferir* las propiedades y posibles combinaciones de cada uno por su lugar en dicha tabla, así también, *una teoría clasifica leyes de manera que facilita su uso en la investigación científica*.

Para Duhem, idealmente, la manera en que las teorías clasifican leyes debe ser tal que "reflejen un orden ontológico". Es decir, la *teoría* no es una explicación "Pero cuanto más se perfecciona, más presentimos que el orden lógico con 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" (Duhem 2003, p.31). Él llama *clasificación natural* a esa teoría ideal. Aunque ninguna teoría alcanza este ideal, podemos reconocer, de acuerdo con Duhem, que una teoría se aproxima a una *clasificación natural* en la medida que permite *predecir* nuevas leyes y exhibe *unidad* lógica.[228] En particular,

[228] Duhem (2003, p.32-36) asocia el éxito predictivo de las teorías con la posibilidad de que éstas se asemejen a una *clasificación natural*. Él considera que no habría razón para esperar que las teorías puedan predecir correctamente leyes experimentales, previamente desconocidas, si no creyéramos que son capaces de reflejar un orden ontológico. "Y cuando la experiencia confirma las previsiones de nuestra teoría, sentimos que nos reafirmamos en esta convicción de que las relaciones establecidas por nuestra razón entre nociones abstractas corresponden realmente a relaciones entre cosas" (Duhem 2003, p.34). En otras palabras, Duhem parece explicar el *éxito predictivo* de las teorías afirmando que hay un sentido en el que éstas pueden llegar a 'reflejar' relaciones reales.
Algunos autores han señalado que esta manera de explicar el éxito de las teorías es similar al *argumento de los no milagros* de la filosofía de la ciencia posterior. El *argumento de los no milagros* se le suele atribuir a autores como Hilary Putnam, quien sostenía que el *realismo científico* es "la única filosofía que no hace el éxito de la ciencia un milagro" (1975, p.73). Es decir, de acuerdo con Putnam, el *realismo* se puede defender como la única explicación plausible del éxito predictivo de las teorías. Sin embargo, el *realismo* de Duhem parece limitarse sólo a ciertos aspectos de las teorías. Para él, aun la teoría que reconozcamos como *clasificación natural* no nos da una explicación de los fenómenos o nos muestra una realidad que pueda subyacer a ellos. La *clasificación natural* sólo debe exhibir una *analogía* entre las relaciones que postula y las relaciones que hay entre diversos aspectos de la realidad. Desafortunadamente, Duhem no es claro respecto de cómo entender esa analogía.
Aun así, el realismo que defiende Duhem se puede entender como una forma de *realismo estructural*. John Worrall (1989/1996) llama realismo estructural a una forma de *realismo científico* que sostiene que la ciencia sólo descubre relaciones entre fenómenos, aunque no la naturaleza última de los mismos. Worrall (1989/1996) incluso menciona explícitamente a Duhem y a Poincaré como defensores de esta postura. Sin embargo, como señala Ivanova (2015), hay importantes tensiones entre los planteamientos del realismo estructural de Worrall y los de Duhem y Poincaré. En el caso de Duhem, la *tesis del holismo* parece implicar que aun las relaciones entre fenómenos que una teoría identifica son revisables, lo cual estaría en conflicto con la posición de Worrall, según la cual, dichas relaciones se conservan a través de los cambios de teorías.

este último aspecto de la *clasificación natural*, la unidad lógica, es el que hace necesaria la elección de abandonar *hipótesis*. Debido a que, finalmente, la física busca la *clasificación natural*, Duhem considera que no podemos aceptar una amplia variedad de *hipótesis* y lógicamente inconsistentes.[229] En algún punto, hipótesis y teorías deben ser abandonadas

No obstante, como vimos en la sección 6.4, Duhem sí parece compartir la idea de que hay una *continuidad* en el desarrollo histórico de las teorías.

Otros autores, como Sindhuja Bhakthavatsalam, han argumentado recientemente que Duhem, más que tratar de explicar el éxito predictivo de las teorías a partir del *realismo*, introduce el concepto de *clasificación natural* como un recurso para explicar otros aspectos específicos de la investigación en física. "Duhem está interesado aquí, primariamente, con la racionalidad pragmática del físico —en el sentido de qué contaría, y qué no, como tonto o irracional con respecto a la búsqueda de la teoría, y de la razón detrás de eso—, pero no con el éxito de las teorías" (Bhakthavatsalam 2015, p.13). Es decir, Duhem se daba cuenta de que, al analizar la práctica de los físicos, uno puede reconocer que ellos, en general, buscan que las teorías sean lógicamente consistentes y esperan que éstas les permitan hacer nuevas predicciones. No habría razón para esperar ninguna de estas dos cosas si consideramos que las teorías son meras representaciones arbitrarias de leyes. En la lectura de Bhakthavatsalam, Duhem propone la idea de *clasificación natural* como una manera de *racionalizar* la búsqueda de unidad lógica y de poder predictivo en las teorías, más que como la defensa de una forma de realismo.

A pesar de la propuesta de Bhakthavatsalam, la idea de *clasificación natural* de Duhem sí implica una manera de concebir a las teorías que no es fácil de reconciliar con su concepción de éstas como representaciones. Es decir, de acuerdo con Duhem, las teorías son una manera de representar leyes, por lo que no tienen valor de verdad ni pretensión de describir la naturaleza de los fenómenos; pero, al mismo tiempo, se supone que aspiran a reflejar el orden ontológico de la naturaleza. Como señala Sonia Maria Dion (2013, p.12), aun las teorías actuales deberían asemejarse, en algún grado, a una *clasificación natural* (ya que este es su objetivo según Duhem), por lo que no pueden ser sólo meras maneras de organizar leyes.

En particular, la investigación de Jean-François Stoffel (2002), *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, busca explicar la obra de Duhem como un proyecto que trataba de conciliar ambas posturas; por un lado, la idea de las teorías como representaciones y, por otro, la unidad de la física, que Stoffel entiende como consecuencia de la búsqueda de teorías que asemejan a la *clasificación natural*. Stoffel muestra convincentemente cómo otros aspectos de la obra de Duhem (su concepción de la historia de la ciencia, su estrategia de apología del catolicismo, etcétera) pueden entenderse como parte de ese proyecto. Sin embargo, debido a que Stoffel considera problemático al fenomenalismo (como se refiere a la postura de Duhem sobre las teorías como representaciones), él no considera que hubiera una forma coherente en que Duhem pudiera llevar a cabo ese proyecto. "Demostrar que el propio Duhem también tuvo dificultades para apegarse a ella, ¿no revela, en última instancia, desde dentro del propio fenomenalismo, la insuficiencia de esta doctrina?" (Stoffel 2002, p.367).

Otros autores, sin embargo, consideran que sí es posible reconciliar la postura de Duhem sobre las teorías como *representaciones* y como aproximaciones a la *clasificación natural*. Dion (2013, p.13), por ejemplo, aunque llama la atención sobre esta aparente tensión, considera que la misma se puede resolver reconociendo 1) que hay una asociación entre la *clasificación natural* y la noción de Duhem de *continuidad histórica* en el desarrollo de las teorías y 2) el concepto que tiene Duhem de la *analogía*. En su lectura, Duhem considera que las teorías debían progresar a lo largo de la historia hacia la *clasificación natural* conservando sólo aspectos que él considera representativos y eliminando los explicativos. La *clasificación natural* no contendría nada explicativo, sino sólo representaciones que exhiben *analogías* con el mundo natural real. De esa manera, las teorías pueden considerarse representaciones, al tiempo que progresan hacía una teoría ideal, ya que, ésta no es una explicación del mundo, sino que sólo exhibe *analogías* con el mundo. De hecho, Duhem considera que el físico reconoce los aspectos representativos de las teorías a partir de *analogías* (la idea de la gravitación, por ejemplo, habría sido concebida a partir de analogías con la atracción magnética). Sin embargo, el concepto de analogía que usa Duhem parece ambiguo. Dion lo asocia a características que reconocemos mediante, lo que Duhem llama, la 'mente intuitiva'.

Sobre la 'mente intuitiva' y las analogías, considero que Duhem se refiere a la capacidad de hacer juicios de *bon sens* lo que analizaré a lo largo del capítulo 7.

[229] Este argumento es parte de su rechazo (en el capítulo IV de la primera parte de *La teoría física*) al uso de modelos inconsistentes que él veía como característico de la física británica.

para que podamos aspirar a producir una teoría *lógicamente unificada*, es decir, una *clasificación natural*.

Además, la búsqueda de la *clasificación natura*l también implica que, para Duhem, la conclusión que los físicos finalmente aceptan de los *experimentos de testeo* no puede ser arbitraria. La elección se debe hacer con otro recurso. De acuerdo con él, aunque dos físicos pueden llegar a conclusiones diferentes:

> Esto no significa que no pueda preferirse la obra de uno a la obra del otro: la pura lógica no es la única regla que guía nuestros juicios. Algunas opciones, que no incurren para nada en el principio de contradicción, son, sin embargo, perfectamente desatinadas. Esos motivos que no derivan de la lógica y que, no obstante, guían nuestras elecciones, esas razones que la razón no conoce, que hablan al espíritu de finura y no al espíritu geométrico, constituyen lo que se llama propiamente el *sentido común* [*bon sens*] (Duhem, 2003, p.286, énfasis en el original).

En otras palabras, Duhem considera que decidimos entre dos posibles respuestas a un resultado experimental negativo a partir de lo que él llama *bon sens.* La 'pura lógica' a la que él se refiere como *insuficiente* consiste en *lógica deductiva* (y a la *inductiva*).[230] Con todo, Duhem no es claro respecto de a qué se refiere con *bon sens* y él mismo reconoce esa falta de claridad en dicho concepto, aun así, afirma que *consiste en razones*. "Pero esas razones del sentido común [*bon sens*] no se imponen con el mismo rigor implacable que las prescripciones de la lógica; tienen algo de vago e impreciso, y no se manifiestan al mismo tiempo a todos los espíritus con la misma claridad" (Duhem 2003, p.286).

De entrada, varios autores han señalado que Duhem no se refiere por *bon sens* a lo que se ha estado refiriendo en el resto del libro como *sens commun*. Esclarecer esta distinción es el tema de la siguiente sección.

6.6 La distinción *bon sens* vs *sens commun*

Un primer punto sobre el *bon sens* es que Duhem usa dicho término de manera en un contexto distinto al que describe usando el de *sens commun*. La edición en castellano de *La teoría física* que utilizo traduce ambos términos como 'sentido común', pero los expertos en Duhem coinciden en que se debe tener cuidado de no confundirlos. Uno de los primeros

[230] Esto lo podemos concluir al observar que la segunda frase de la cita anterior implica que la lógica a la que se refiere consiste en lo que podemos establecer a partir del *principio de no contradicción*. Además, el mismo capítulo en que Duhem habla de *bon sens* es en el que critica al *método inductivo*.

expertos en llamar la atención sobre la distinción fue R. N. D. Martin (1991).[231] Martin (1991, p.81-88) señala que, en *La teoría física*, Duhem utiliza tres términos a lo largo del libro: *sens commun*, *bon sens* y *connaissance commune*. De acuerdo con Martin, hay tensiones en los argumentos de Duhem que se pueden resolver asumiendo que éste se refiere al *bon sens* como algo diferente a los otros términos.

Martin (ibid..) señala que, primero, Duhem (2003, p.133-134) justifica la búsqueda por consistencia lógica en las teorías apelando al sentido común (*sens commun*). Después, en la segunda parte del libro, Duhem señala que "el sentido común [*bon sens*] es el que decide qué hipótesis han de ser abandonadas" (Duhem 2003, p.285). Y más adelante, señala que "Las hipótesis no pueden deducirse de axiomas proporcionados por las enseñanzas del sentido común [*connaissance commune*]" (Duhem 2003, p.342). Es decir, el sentido común justifica la búsqueda de coherencia lógica y nos indica cuándo abandonar hipótesis, pero no podemos deducir las hipótesis de él. Martin (1991, p.81) considera que este tipo de contrastes ha motivado a muchos lectores a pensar que Duhem simplemente es inconsistente al hablar del sentido común, pero que esa conclusión es incorrecta. Martin sostiene, que el sentido común puede tener un rol como meta-principio, al decidir sobre la aceptación de hipótesis, sin que sea la fuente de las hipótesis. Además, Martin señala que Duhem, dado que utiliza diferentes términos al hablar de sentido común, en distintos contextos, posiblemente se refiere a cosas diferentes.

> Similarmente, como se verá a continuación, lo que se dice del *bon sens*, y su rol en la física, es perfectamente consistente con lo que se dice sobre el *sentido común*, porque los dos son cuidadosamente separados y, de hecho, aún más subdistinguidos, al darles diferentes ciencias a gobernar. Al menos dos de estos son visibles en *La Teoría física*: al sentido común, más propiamente *connaissance commune*, conocimiento común, se le niega el derecho a juzgar hipótesis de física, mientras que, al contrario, el derecho de aquel otro sentido común, un sentido de adecuación, de lo que es 'sensible' y lo que no, que puede requerir la coherencia lógica y la refutación de hipótesis, es afirmado (Martin 1991, p.82).

En otras palabras, Martin considera que Duhem utiliza el término *bon sens* de manera diferente al de *sens commun*.[232] El *bon sens* nos permite elegir hipótesis, pero el *sens*

[231] Como menciono en la sección 1.2, también Roberto Maiocchi (1985, p.231) enfatiza la distinción. Sin embargo, aquí me enfocaré en analizar cómo Martin plantea la distinción entre *bon sens* y *sens commun* puesto que considero que su trabajo ha sido más influyente en la literatura posterior que estudia al *bon sens* de Duhem.

[232] Los usos que hace Duhem de este último término serían para referirse a elementos de la *experiencia cotidiana*, como los conceptos y leyes que vimos en el capítulo 5.

commun o *connaissance commune*, es conocimiento de la *experiencia cotidiana* y no se usa en la física. Gran parte de la literatura reciente sobre Duhem ha retomado esta distinción,[233] pero considero relevante hacer algunas observaciones al respecto, ya que dicha distinción es menos clara de lo que Martin plantea.

Una revisión cuidadosa de los usos que hace Duhem de estos términos, en *La teoría física*, nos muestra lo siguiente.[234] Primero, respecto del *sens commun*: En la primera parte del libro, el *sens commun* justifica la creencia de que las teorías pueden llegar a ser clasificaciones naturales y, en consecuencia, el requerimiento de consistencia lógica (Duhem, 2003, p.133-134). Aquí (p.134), Duhem afirma, también, que el *sens commun* da legitimidad a los principios metodológicos, dirige la investigación, se compone de "un conjunto confuso de tendencias, de aspiraciones, de intuiciones" y proporciona verdades claras y ciertas, de manera que toda certeza deriva de él. De acuerdo con la segunda parte del libro, el *sens commun* consiste en conceptos, generalizaciones, leyes y juicios producidos espontáneamente por observaciones *cotidianas*; estos conceptos, generalizaciones, leyes y juicios son estables en el tiempo y no hace falta analizarlos para reconocerlos como certeros, aunque también son *imprecisos*.[235] Además, él, sostiene que las ciencias, como la fisiología y algunas áreas de la química *en que no se usan representaciones matemáticas*, utilizan un método que no es más que el uso cuidadoso del *sens commun* (p.237).[236] Más adelante en el libro, él señala que el *sens commun* sugiere hipótesis, aunque no las produce directamente (p.269, 343, 348-350), y crece con el tiempo (p.344-345)[237]. Adicionalmente, Duhem señala que el *sens commun* es la fuerte de la certeza de la física (p.353), es la fuente de los axiomas de la geometría (p.350-351), no requiere teorías físicas para producir juicios, pero *influye en*

[233] Stump (2007, p.152-153), por ejemplo, explícitamente se refiere a la distinción que plantea Martin entre *sens commun* y *bon sens*.

[234] En lo que sigue señalaré los usos de Duhem de los términos *sens commun* y *bon sens* indicando las páginas en que se pueden encontrar tales usos en la edición en castellano de 2003 enlistada en las referencias. Sin embargo, dicha edición traduce ambos términos como 'sentido común', así que he comparado cada pasaje con la versión en francés original para presentar las diferencias de usos.

[235] Estas características se pueden reconocer en Duhem (2003, p.202, 215, 216, 217, 219, 221, 222, 226, 234-236, 276, 349- 350, 373, 383).

[236] Aquí hay una cuestión que considero que muchos estudiosos de Duhem parecen pasar por alto y es que, en la filosofía de la ciencia de Duhem, hay una distinción entre la física y otras ciencias, y que esa distinción es importante para entender cómo él concibe el uso del *sens commun* y el *bon sens* en diferentes áreas. Regresaré a este punto en la sección 6.7.

[237] Esto puede parecer contradictorio con las otras características del *sens commun*. Es decir, Duhem dice que el *sens commun* es estable en p.226 y después dice que se transforma y crece en el tiempo (p.344); sin embargo, la estabilidad a la que se refiere Duhem es al hecho de que las leyes del sentido común, una vez reconocidas como verdaderas, ya no son susceptibles de ser consideradas falsas en el futuro (en contraste con las leyes de la física, como vimos en el capítulo 5), pero esto no impide que podamos seguir encontrando nuevas leyes que enriquezcan a nuestro *sens commun*.

la formación de dichas teorías y la manera en que esto ocurre se puede apreciar mediante el estudio de la *historia de la ciencia* (p.351-355).

En cuanto al término *bon sens*, éste aparece en *La teoría física* de manera mucho menos frecuente. Buena parte de *La teoría física* la escribió Duhem a partir del contenido de artículos que él había publicado desde 1892, pero en ellos no aparecía el término *bon sens*, sino sólo el de *sens commun*.[238] Sin embargo, en textos posteriores, como los que componen el libro *La Ciencia Alemana*, Duhem hace un uso mucho más frecuente del término *bon sens*. Pero aun en *La teoría física* podemos ver que, en la primera parte del libro, Duhem sólo usa el término *sens commun* y no el de *bon sens*. Al inicio de la segunda parte, Duhem comienza a usar el término *bon sens*, en este caso, para señalar que sería contrario al *bon sens* negar que las teorías de la física se formulan en lenguaje matemático (p.138). La siguiente mención del *bon sens* es cuando Duhem afirma, como vimos en la sección 6.5, que el *bon sens* da motivos para escoger entre diferentes modificaciones de las teorías frente a resultados experimentales (p.285-288); aquí, Duhem también señala que el *bon sens* es vago e *impreciso* y que su operación depende de condiciones morales de los físicos como honestidad, imparcialidad y lealtad. Al final del libro, en el apéndice titulado *La física de un creyente*, Duhem comenta que cualquier persona dotada de *bon sens* consideraría evidente que el objeto y naturaleza de las teorías físicas son completamente ajenos a las doctrinas religiosas (p.366).

Podemos apreciar, en esta revisión breve, que los usos de los términos *bon sens* y *sens commun* no parecen tan cuidadosamente distinguidos como sugiere Martin. Por ejemplo, decir que el *sens commun* no puede juzgar hipótesis, mientras que el *bon sens* sí, como sugiere Martin (1991, p.82), parece problemático, ya que Duhem (2003, p.134) dice que el *sens commun* da legitimidad a principios metodológicos. Aun así, puede considerarse que, *en la mayoría de los casos*, Duhem sí parece usar el término *sens commun* para referirse a observaciones y conocimientos de la experiencia cotidiana y reserva el uso del término *bon sens* para una forma específica de juicio.

La distinción se complica si consideramos otros textos de Duhem como los ensayos que componen el libro *La Ciencia Alemana* publicado por primera vez en 1915.[239] En este

[238] Principalmente "Some Reflections on the Subject of Physical Theories" (se enlista en la bibliografía como Duhem 1892/1996), "The English School and Physical Theories" (Duhem 1893b/1996) y "Some Reflections on the Subject of Experimental Physics" (Duhem 1894/1996).

[239] Este libro se compone de conferencias que Duhem dio en la Universidad de Burdeos en febrero y marzo de 1915 a inicios de la *Primera Guerra Mundial*, la cual enfrentó a Francia con Alemania. Dado que el libro es

libro, Duhem utiliza el término *bon sens* con mucha más frecuencia que en *La teoría física*, pero aquí parece usarlo del mismo modo que *sens commun*. Casi al inicio del libro, Duhem afirma que "A la facultad por la cual conocemos los axiomas se le da el nombre de sentido, sentido común [*sens commun*] o buen sentido [*bon sens*]" (Duhem 1915/1991, p.7). Este uso intercambiable de los términos también se aprecia, por ejemplo, en Duhem (1915/1991, p.11-12).

Martin no comenta al respecto de las implicaciones de ese uso intercambiable de los términos y, más bien, señala distintas facetas que presenta cada uno de los términos que usa Duhem. Primero, Martin (1991, p.82-83) señala que, en *La Ciencia Alemana*, el término *connaissance commune* lo usa Duhem para referirse a la fuente de los principios de la matemática y la metafísica. Posteriormente, Martin (1991, p.83) señala que el término *common sense* puede referirse al *bon sens* que garantiza la validez de razonamientos mediante los cuales derivamos consecuencias de ideas *imprecisas*. Pero, además, *bon sens* también tiene el rol, de acuerdo con Martin (1991, p.83-84), de permitirnos decidir cuando una hipótesis ha sido refutada y "es por tanto identificado como una forma de juicio maduro". Además, Martin (1991, p.84) agrega que el *bon sens* también diseña las hipótesis que reemplazaran a las abandonadas.[240]

En pocas palabras, en la obra de Duhem se pueden identificar concepciones distintas de sentido común con roles distintivos, esas diferencias están *parcialmente* marcadas por el uso de términos diferentes (*sens commun*, *bon sens*). Sin embargo, el hecho de que Duhem no haga la distinción explícita entre el uso de los distintos términos, y que no siempre sea

---

muy crítico de la ciencia alemana, éste se ha visto como propaganda de guerra. Maiocchi (1895, p.232-234), por ejemplo, rechaza el valor de dicho texto por completo y lo describe como "un infeliz paréntesis en el camino duhemiano". Sin embargo, la cuestión no es tan simple. Duhem, también en este libro, se expresa con admiración hacia algunos científicos alemanes como Carl Friedrich Gauss, Rudolf Clausius y Helmholtz. Además, varios expertos en Duhem reconocen que este libro ayuda a entender cómo él entendía el concepto de *bon sens*. En otras palabras, considero que el contexto de guerra en que se escribió sólo invita a tomar con cautela algunas de las críticas más fuertes de Duhem hacia la ciencia alemana, pero que ello no afecta el valor del libro en el estudio de su filosofía de la ciencia.

[240] Además, hay que mencionar que (como vimos en la sección 1.2) Martin atribuye el uso del concepto de *bon sens*, por parte de Duhem, a la influencia de Blas Pascal. Stoffel (2002) concuerda con esa conclusión. Que la influencia es de Pascal parece difícil de negar, pero considero que se debe tener cautela de inferir demasiado a partir de ella. Es decir, que Duhem retome el concepto de *bon sens* de la obra de Pascal no quiere decir que lo entienda exactamente de la misma manera que éste. De acuerdo con João F. N Cortese, por ejemplo, Duhem asocia al *bon sens* con lo que Pascal llama 'el *corazón*' y el 'espíritu de finura', lo que contrapone con 'el espíritu de geometría'; el primer tipo de espíritu se requiere para establecer los principios o axiomas de deducción y el segundo para obtener consecuencias de ellos; "Sin embargo, Pascal no concibe exactamente así ambos tipos de espíritus. Por un lado, posee una noción más amplia de corazón; y por otro, los espíritus de finura y geometría no se encuentran específicamente relacionados con los principios y las deducciones" (Cortese 2016, p.55). También, como mencioné en una nota a pie de página en la sección 5.3, Jaki (1987, p.322) sostiene que Duhem utiliza el concepto de *sens commun* de manera diferente a Pascal.

consistente al distinguirlos, sugiere que *él no tenía en mente una distinción clara*. Con todo, es difícil negar que, en muchas instancias, sí hay una diferencia, al menos, de énfasis.

Toda esta confusión se produce porque el concepto de 'sentido común' es ambiguo. Considero que lo que sucede con Duhem es que él usa más de uno de los significados en momentos diferentes. Para arrojar luz sobre el uso que hace Duhem de los términos *sens commun* y *bon sens*, resulta esclarecedor revisar el significado de cada uno de estos de acuerdo con el diccionario.

El *Oxford English Dictionary* (p.573) identifica cinco significados de '*common sense*' (del cual dice que representa el francés *sens commun*):

> 1. Un sentido interno.
>
> 2. Puede ser a) la posesión de inteligencia natural o sabiduría que caracteriza a los seres racionales o b) *un buen y sólido juicio práctico para enfrentar asuntos cotidianos*,
>
> 3. Un sentido, sentimiento o juicio que es común a la humanidad o a una comunidad,
>
> 4. La facultad de verdades primarias; el complemento de aquellas cogniciones o convicciones que recibimos de la naturaleza y por el cual probamos la verdad del conocimiento y la moralidad de las acciones
>
> 5. (Cuando se unen las dos palabras con un guion) atributo de poseer sentido común.

Adicionalmente, el mismo *Oxford English Dictionary* (p.680) dice del '*good sense*' (el cual señala *explícitamente* como equivalente al francés *bon sens*) que consiste en *solidez de juicio especialmente en la vida cotidiana* y lo refiere al segundo sentido 2 b) de '*common sense*'.

Estas distinciones que hace el *OED* nos permiten entender el uso que hace Duhem de los distintos términos de la siguiente manera: *Bon sens es un juicio práctico utilizado en la experiencia cotidiana y, como tal, es uno de los significados que puede tomar el término sens commun en circunstancias específicas*.[241] Que Duhem entiende al *bon sens* como un juicio queda claro en *La Ciencia Alemana* cuando dice que si una suposición tropieza con fallas:

> ¿Qué determinará si estas fallas son o no de tal naturaleza que la suposición en cuestión debe abandonarse? El buen sentido [*bon sens*]. Pero esta determinación será justo *del mismo tipo*

[241] En la siguiente sección argumentaré respecto de que Duhem ve al *bon sens* como un juicio que se usa esencialmente en la *experiencia cotidiana*.

> *que un juicio* en un procedimiento legal, donde cada una de las dos partes enfrenta la evidencia, que parcialmente impulsa a la convicción y, parcialmente a la exculpación. El buen sentido [*bon sens*] no dará su veredicto hasta después de haber sopesado los pros y contras con consideración madura. (Duhem 1915/1991, p.24, énfasis añadido)

Sin embargo, *sens commun* también puede referir, por ejemplo, al sentido 4), es decir, a una facultad de reconocer verdades que reconocemos como evidentes. Considero que éste último sentido de *sens commun* es el que usa Duhem al hablar de los conceptos y leyes de la experiencia cotidiana de la manera que vimos en el capítulo anterior.

Por *bon sens*, Duhem entiende el *juicio práctico* que se usa para elegir hipótesis, pero hay que tener en cuenta que *sens commun* también puede referir a dicho juicio.[242] Esto explica que Duhem utilice los dos términos de manera intercambiable en algunos casos, mientras que, en otros, atribuya una función distintiva al *bon sens*. Es decir, el término *sens commun* es ambiguo, pero *el término bon sens enfatiza la acepción de juicio*. Duhem utiliza mayormente ese énfasis, pero no siempre, lo que da lugar a confusión. En muchos casos, sólo el contexto nos indica si Duhem se refiere a un *juicio* o a cogniciones de la experiencia cotidiana cuando usa el término *sens commun*.

6.7 El *bon sens* como juicio de la experiencia cotidiana

La distinción de la sección anterior entre el término *bon sens* y el de *sens commun*, aún deja sin responder cuestiones necesarias para una interpretación clara del *bon sens*. Por ejemplo, ¿qué evidencia hay en los textos de Duhem de que él consideraba al *bon sens* como un juicio del ámbito de la *experiencia cotidiana* aplicado a la física? pero más importante: ¿Cómo considera Duhem que se hace el juicio de *bon sens*? ¿Cómo sabemos que dicho juicio se ha hecho correctamente? ¿Qué consideraciones lógicas son importantes al hacer un juicio de *bon sens*? Duhem no fue claro respecto de estas cuestiones y no llevó a cabo un análisis sistemático de los *juicios* que requiere la investigación, como el *bon sens*. Sin embargo, veremos que algunos de sus comentarios pueden señalar posibles respuestas a las cuestiones mencionadas. En lo que resta de este capítulo responderé sólo a la primera pregunta: ¿Qué evidencia hay en los textos de Duhem de que él consideraba al *bon sens* como un juicio del ámbito de la *experiencia cotidiana* aplicado a la física? Las demás cuestiones las consideraré en el siguiente capítulo.

[242] En el siguiente capítulo veremos cómo Duhem entiende este *juicio práctico*, además de cómo y cuándo funciona.

Debido a que el propio Duhem señalaba que su doctrina "no es un sistema lógico basado en la mera contemplación de ideas generales…sino que ha nacido y se ha desarrollado a través de la práctica cotidiana de la ciencia" (Duhem 2003, p.1-2); parecería natural *considerar las preocupaciones epistémicas y metodológicas de los investigadores de la época interesados en la física*, al discutir el concepto de *bon sens* de Duhem. A pesar de ello, como vimos en el capítulo 1, ninguno de los análisis en la literatura reciente toma esta dirección.[243] De entrada, es claro que no todos los autores de la época de Duhem utilizaban explícitamente el mismo concepto de *bon sens* al analizar el conocimiento científico. Sin embargo, varios de ellos sí compartieron preocupaciones similares a las de Duhem. Como hemos visto en los capítulos 2, 3 y 4, hacia finales del siglo XIX e inicios del siglo XX había discusiones, entre autores interesados en la física, sobre los *juicios* e inferencias que se hacen al formular y *testear hipótesis.* Al no considerar que las inferencias *deductivas* o *inductivas* fueran adecuadas para elaborar juicios sobre la formulación y abandono de hipótesis, los autores de la época propusieron tipos de *juicios* usados en contextos prácticos. El hecho de que Duhem proponga una solución utilizando el término *bon sens*, que suele traducir como "*sentido común*", sugiere que él también intentaba señalar el uso de un tipo de juicio que se usa en contextos prácticos de la vida cotidiana.

En particular, Mach comparte con Duhem la preocupación de esclarecer la relación entre la física y la *experiencia cotidiana*. Como vimos en la sección 5.5, Duhem reconoce, al igual que Mach, una continuidad entre, al menos, la formulación de conceptos científicos y la *experiencia cotidiana*. Además, como vimos en la sección 6.6, el término de *bon sens* está fuertemente asociado al de *sens commun,*[244] al punto de que los usa de modo intercambiable en algunos casos. También está el hecho de que para los diccionarios el término *bon sens* refiere a un tipo de *juicio práctico usado en la experiencia cotidiana*. En otras palabras, así como Mach considera que algunos aspectos de la ciencia se pueden entender en términos de la continuidad de la ciencia con la *experiencia cotidiana* y el desarrollo evolutivo del ser humano, el *bon sens* de Duhem se puede entenderse como una

[243] Aunque sí hay estudios sobre el contexto histórico de Duhem, como los de Maiocchi (1990), Martin (1991) y Jaki (1987), ninguno de ellos intenta esclarecer el uso del concepto de *bon sens* a partir del contexto específico de las preocupaciones epistémicas y metodológicas de los autores de la época interesados en la física. Los estudios que sí analizan el contexto de la física de la época de Duhem, como Wilson (2017), Chiappin y Laranjeiras (2017) y Liston (2017), no analizan el concepto de *bon sens*, sino otros aspectos de su filosofía, como su rechazo a los modelos de la física británica o la concepción de *clasificación natural*.

[244] Como vimos, *bon sens* es una de las acepciones del término *sens commun*.

manera de expresar una *continuidad* entre los tipos de *juicio* que se usan en la *experiencia cotidiana* y algunos tipos de *juicio* que se usan en física.

Sin embargo, puede no ser completamente convincente la conclusión de que el *bon sens* es un juicio de la *experiencia cotidiana* sólo por señalar que, para Duhem, éste se usa cuando las *inferencias deductivas* e *inductivas* son inadecuadas y que otros autores de su época buscaron describir tipos de *juicios prácticos* para dichos casos. Aun lo que hemos visto (en la sección 6.6) que dicen los diccionarios sobre el *bon sens* dista de ser concluyente, ya que, Duhem podría estar usando el concepto de manera idiosincrática. Sin embargo, considero que hay buenos motivos para pensar que Duhem sí concibe al *bon sens* como un *juicio* común a la *experiencia cotidiana* y a la física. Pero, para apreciar esto, se debe tener en cuenta un aspecto de cómo Duhem distingue ambas formas de experiencia que sólo he mencionado brevemente y que (hasta donde he visto) no se ha enfatizado en la literatura que analiza el *bon sens* de Duhem: que él consideraba que *algunas áreas de la ciencia pertenecen al ámbito de la experiencia cotidiana*. No reconocer esto ha llevado a otros autores a conclusiones imprecisas sobre el *bon sens*, como veremos.

Para esclarecer esta cuestión hay que recordar que (como vimos en la sección 5.2), para Duhem, un aspecto característico de la *experiencia cotidiana* es que ésta utiliza conceptos *imprecisos* mientras que, en contraste, la física utiliza conceptos *precisos*. La precisión que tienen los conceptos de la física se debe, de acuerdo con él, a que éstos son *magnitudes* que relacionamos con hechos concretos a través de *operaciones de medición*. Sin embargo, si la distinción entre *experiencia cotidiana* y física se debe a estas diferencias entre sus conceptos, entonces *algunas áreas de la ciencia (en especial en la época de Duhem) podrían considerarse dentro del ámbito de la experiencia cotidiana*.

Duhem inicia el capítulo 6 de la segunda parte de *La teoría física*, en el que habla del *holismo en la confirmación*, los *experimentos cruciales* y el *bon sens*, precisamente señalando diferencias entre la física y otras áreas de la ciencia.

> Muchos filósofos, cuando hablan de ciencias experimentales, están pensando solamente en las ciencias que tienen un origen próximo al suyo, como la fisiología o algunas ramas de la química, en las que el investigador reflexiona directamente sobre los hechos, en las que el método utilizado no es más que el *sentido común agudizado* [*sens commun rendu plus attentif*] y en las que la teoría matemática no ha introducido aun sus representaciones simbólicas (Duhem 2003, p.237, énfasis añadido).

Después de señalar esto, Duhem explica el método experimental *en fisiología* siguiendo descripciones del fisiólogo Claude Bernard (1813-1878) y, a continuación, advierte "Pero si el método experimental, tal como acaba de ser descrito, es difícil de practicar, su análisis lógico es muy sencillo. No ocurre lo mismo cuando la teoría que se trata de someter al control de los hechos no es una teoría de fisiología, sino una teoría física" (Duhem 2003, p.240). Dicho esto, Duhem pasa a describir el *holismo en la confirmación* y su crítica a los *experimentos cruciales*. Lo importante aquí es que implícitamente Duhem está afirmando que *hay una lógica diferente en la investigación experimental en fisiología de la que hay en física.*[245] Esa lógica es diferente, para Duhem, porque 'la teoría matemática no ha introducido aún sus representaciones simbólicas', es decir, *en fisiología el razonamiento no puede ser principalmente matemático*. Más bien, en áreas como la fisiología, de acuerdo con Duhem, el método "no es más que *sens commun* agudizado" (es decir, consiste en el uso de conceptos y razonamiento de la *experiencia cotidiana*, aunque de manera cuidadosa).

Las ciencias cuyos conceptos no son representaciones matemáticas (como, de acuerdo con Duhem, es el caso de la fisiología y algunas áreas de la química de su época) exhiben una lógica que es propia del ámbito de la experiencia cotidiana. Si la mayoría de los conceptos de la fisiología y la química (de la época de Duhem) no son matemáticos, entonces el razonamiento que se lleva a cabo en dichas áreas no puede ser *razonamiento matemático*. Podría objetarse que en fisiología se utilizan teorías elaboradas con conceptos como el de *temperatura*, por ejemplo, que son conceptos métricos precisos, además de que utilizan instrumentos de medición. "Pero las teorías que utilizan, así como los instrumentos que emplean, pertenecen al ámbito de la física" (Duhem 2003, p.241). Considero que Duhem da a entender aquí que el hecho de que las ciencias como la fisiología utilicen algunos recursos de la física no es suficiente como para separarlas del ámbito de la *experiencia cotidiana*. Lo que es decisivo, para Duhem, es el hecho de que 'la teoría matemática no ha introducido aún sus representaciones simbólicas'. Es decir, la ausencia del *razonamiento matemático (deductivo)* es lo que motiva a Duhem a considerar a la fisiología (y otras ciencias) fuera del ámbito de la física. Además, como vimos más arriba, Duhem

[245] Esta distinción no parece haber sido reconocida, en la literatura reciente, como relevante al analizar el *bon sens* de Duhem. Una excepción es la investigación de Sindhuja Bhakthavatsalam quien señala "Sostengo que, a lo largo de *La teoría física*, Duhem parece tener dos epistemologías distintas que no se cruzan: una de la física, que parece evidencialista y otra fuera de la física, que parece confiabilista de agentes" (Bhakthavatsalam 2017, p.28). Sin embargo, como se aprecia en la cita, Bhakthavatsalam sólo usa la distinción para asociar a Duhem con movimientos dentro de la epistemología de la virtud reciente, pero no para distinguir el ámbito del *bon sens*.

explícitamente dice que el método que utilizan ciencias como la fisiología es una forma de 'sentido común agudizado', es decir, pertenecen al ámbito de la *experiencia cotidiana*.[246]

Esto es importante porque nos permite concluir que Duhem considera al *bon sens* como parte del razonamiento propio de la *experiencia cotidiana*, que se contrapone al razonamiento de la física (que es principalmente matemático-deductivo). En *La Ciencia Alemana,* Duhem (1915/1991, p.23) comenta ejemplos de investigaciones en fisiología y dice que no se puede deducir las consecuencias de una *hipótesis* mediante un razonamiento '*more geométrico*'. Esto se debe a que las proposiciones y conceptos de la fisiología son imprecisos. "Para razonar exactamente con tales ideas, las reglas de la lógica silogística no son adecuadas. Deben ser asistidas por un cierto sentido de corrección que es una de las formas del buen sentido [*bon sens*]" (Duhem 1915/1991, p.23). Algunos, como Martin (1991, p.83), han concluido que esto significa que una de las funciones del *bon sens* es inferir consecuencias de *hipótesis*. Sin embargo, esto contrasta con otros momentos en los que Duhem señala que las consecuencias de las hipótesis *de física* se deben deducir mediante *razonamiento matemático*. "Los distintos principios o hipótesis de una teoría se combinan según las reglas del análisis matemático. Las exigencias de la lógica algebraica son *las únicas* que el teórico está obligado a satisfacer a lo largo de este desarrollo" (Duhem 2003, p.23, énfasis añadido). La diferencia es que, en *La Ciencia Alemana*, Duhem está hablando de fisiología, mientras que aquí habla de física.

La cuestión es que la segunda conferencia que compone el libro de Duhem *La Ciencia Alemana* menciona varias veces al *bon sens*, pero en un contexto específico que considero que no se ha tomado en cuenta con suficiente cuidado (por autores que investigan al *bon sens* de Duhem como Martin). En esa conferencia, Duhem describe un desarrollo histórico que comienza con "ciencias experimentales" que dependen fuertemente del *bon sens* y de lo que él llama '*mente intuitiva*'; en ese contexto Duhem da ejemplos del uso del

[246] Debido a que Duhem considera que la mayoría de las ciencias, fuera de la física, pertenecen a la experiencia cotidiana, él era renuente a extender sus conclusiones de *La teoría física* a dichas ciencias. De hecho, en un texto de 1913, él comenta sobre los intentos de extender sus conclusiones a otras ciencias, y señala que éstos *podrían* ser legítimos, dado que sus métodos podrían mostrar analogías con la física "Pero si es bueno notar las analogías entre nuestros diferentes métodos científicos, es a condición de que no olvidemos las diferencias que los separan. Y cuando comparamos el método de la física, tan extrañamente especializado en la aplicación de la teoría matemática y por el uso de instrumentos de medición, con otros métodos, seguramente habrá más diferencias a describir que analogías" (Duhem 1913/1996, p.237). Esto es un aspecto distintivo del pensamiento de Duhem, ya que, por ejemplo, Mach (1976, p.161, nota 3) consideraba que las conclusiones de Duhem sí son aplicables a la fisiología.

bon sens en fisiología. Pero, después, Duhem señala que el desarrollo de una ciencia la lleva a un uso cada vez mayor del *razonamiento matemático*.

> En la proporción en que una ciencia experimental es perfeccionada, las hipótesis sobre las que descansa, al principio tímidas y confusas, se hacen más precisas y firmes… Desde ese momento en adelante, estas suposiciones sirven como principios en procesos de razonamiento, en la conclusión de los cuales se encuentran la clarificación de ciertas observaciones o la predicción de ciertos eventos. La ciencia sigue siendo experimental en esencia…Pero la ciencia utiliza el método deductivo más y más… Es al razonamiento matemático al que la ciencia ha recurrido para obtener de los principios hechos por observación, las consecuencias que la observación tendrá que verificar (Duhem 1915/1991, p.27-28).

En general, Duhem sostiene, en esta segunda conferencia del libro, que mientras mayor es el desarrollo de una ciencia mayor es el uso del *razonamiento matemático*. Duhem usa esta idea para argumentar que los alemanes sólo producen grandes aportaciones a las ciencias ya desarrolladas, puesto que, al carecer de *bon sens*, aportan más en la medida que el razonamiento depende más de las *deducciones* matemáticas. En contraste, los franceses que, de acuerdo con él, sí poseen *bon sens*, son los que dan origen a nuevas ciencias y los que aportan más en sus primeras etapas. Dejando de lado la cuestión sobre lo pertinente (o poco pertinente) del nacionalismo de Duhem, lo importante aquí es que él enfatiza que en la medida en que está ausente el *razonamiento matemático* es que se usa más el *bon sens*. Considero que esto evidencia que el *bon sens* es un tipo de *juicio* del ámbito de la *experiencia cotidiana*. Para Duhem, en ciencias más desarrolladas, es decir que hacen mayor uso del *razonamiento matemático* (como la física), el *bon sens* sigue interviniendo, pero para fines más específicos. En pocas palabras, si se ignora el contexto de la segunda conferencia de *La Ciencia Alemana*, entonces se mal entiende al *bon sens*, porque se asume que se usa igualmente en todos los ámbitos; su carácter como perteneciente al ámbito de la *experiencia cotidiana* queda oscurecido.

Para Duhem, la física es peculiar en tanto que utiliza conceptos e hipótesis que se pueden emplear en el *razonamiento matemático*. Pero, en el caso de la fisiología, utilizamos el *bon sens* para obtener consecuencias de ideas *imprecisas*, lo que es característico de los conceptos y conocimientos de la *experiencia cotidiana*. Utilizamos el *bon sens* para razonar en áreas en las que, a diferencia de la física, razonamos con ideas imprecisas que no son adecuadas para el *razonamiento matemático-deductivo*. Mientras más utilizamos el *razonamiento matemático*, más nos alejamos de la *experiencia cotidiana* y menos funciones

cumple el *bon sens*. Duhem sólo describe el uso del *bon sens*, en física cuando considera que el *razonamiento matemático* es insuficiente, como cuando decidimos si debemos decidir sobre el abandono de hipótesis.[247]

[247] Podemos agregar que Édouard Le Roy (1870-1954), un autor de la época de Duhem, sostenía que había una tendencia en la época a considerar que "Las teorías que parecen imponerse con más fuerza y claridad son en las que reconocemos la mayor supremacía del sentido común [*sens commun*], es decir, de la práctica, ellas son relativas a nuestra estructura y hábitos" (Le Roy 1901, p.143). Es decir, en la época, había una tendencia a considerar que la investigación científica estaba relacionada con juicios que seguimos en contextos prácticos. También, el filósofo Henri Bergson (1859-1941) utiliza el término de *bon sens* como un juicio que resuelve las dudas y que es esencialmente 'de la vida práctica', más que de la ciencia. De acuerdo con él, las funciones del *bon sens* están relacionadas a conducir nuestras acciones. "Prever estas consecuencias [de nuestros actos], o más bien teniendo un presentimiento de ellas; distinguiendo lo esencial de lo no esencial, o indiferente, en asuntos de comportamiento; escogiendo de los varios cursos de acción posibles el que produce la mayor cantidad de bien alcanzable, más que imaginable: esto es, me parece, el rol del buen sentido [*bon sens*]" (Bergson 1895/2002 p.346).

Capítulo 7. El *bon sens* como juicio de la práctica

> "El pensamiento 'científico', que se expresa en las ciencias físicas, nunca se deshace de existencias cualitativas. Directamente, siempre tiene su propia base cualitativa; indirectamente, tiene aquella del mundo en el que la experiencia del hombre común es vivida. El fracaso en reconocer este hecho es la fuente de la mayor parte de los problemas y falacias que infectan nuestra teoría del conocimiento…" (John Dewey 1931, p.116).

Introducción

En el capítulo anterior vimos que Duhem solía utilizar los términos *sens commun* y *bon sens* con diferentes énfasis. Vimos que el término *sens commun* es más general y que, en una de sus acepciones, puede referirse al juicio de *bon sens*, pero en otras se refiere a cogniciones aceptadas por una comunidad como evidentes. El término *bon sens*, por su parte, consiste en un *juicio práctico* para enfrentar asuntos cotidianos. Como vimos en dicho capítulo, entender así la distinción entre *sens commun* y *bon sens* es consistente con la certeza que Duhem les atribuye a las leyes de *sens commun*, esclarece el uso intercambiable de los mismos en textos como *La Ciencia Alemana* (ya que *bon sens* sólo enfatiza una de las acepciones de *sens commun*) y es consistente con, al tiempo que desenreda, las conclusiones de estudios como el de Martin (1991).

En el capítulo anterior, sin embargo, aún quedaron sin responder algunas cuestiones respecto del *bon sens*. Por ejemplo, ¿Cómo considera Duhem que se hace el juicio de *bon sens*? ¿Cómo sabemos que dicho juicio se ha hecho correctamente? ¿Qué consideraciones lógicas son importantes al hacer un juicio de *bon sens*? *Duhem no fue claro respecto de estas cuestiones y no llevó a cabo un análisis sistemático de los juicios que requiere la investigación, como el bon sens*. Buena parte de la literatura reciente, como vimos en el capítulo 1, ha buscado dar interpretaciones del *bon sens* de Duhem que, por un lado, sean claras al explicar la elección de teorías (el cual no es realmente el problema para el que Duhem utiliza el *bon sens*, sino la elección de hipótesis) y que, por otro, sean fieles a las descripciones de Duhem. Sin embargo, las interpretaciones de esa literatura han resultado limitadas. Un motivo importante de ello es que la mayoría de los autores recientes consideran al *bon sens* como un recurso para la *elección de teorías*, lo que genera confusión. Por ejemplo, se hace difícil conciliar el hecho de que Duhem afirme que sólo el descubrimiento de nuevos hechos resuelve la elección de teorías, pero la situación en que usa el *bon sens*

(en la que se requiere decidir cómo proceder frente a resultados experimentales recalcitrantes) no se resuelve sólo con el descubrimiento de un hecho.[248] Adicionalmente, algunos autores (Stump 2007 y 2011, Ivanova 2010, James Kidd 2011, Fairweather 2012b y Bhakthavatsalam 2017) han propuesto interpretar al *bon sens* como un conjunto de consideraciones morales, pero no parece claro que dichas consideraciones puedan determinar, por sí mismas, la elección de *hipótesis*.

Una aproximación al *bon sens* de Duhem, novedosa y potencialmente fértil, y que exploraré en este capítulo, consiste en retomar algunas ideas de John Dewey. Lo que haré será señalar que hay importantes similitudes entre algunos aspectos de la *lógica de la investigación empírica* desarrollada por Dewey y las afirmaciones que hace Duhem sobre el *bon sens*. Las similitudes entre sus concepciones (de Duhem y Dewey), así como el interés de ambos sobre los procesos de investigación y el hecho de que comparten un contexto histórico, sugiere que respondían a preocupaciones similares, a pesar de que pertenecían a tradiciones y países diferentes. Pero, a diferencia de Duhem, Dewey elabora sus concepciones de tal manera que hay la oportunidad de llevar a cabo un análisis más allá de lo que es posible con las vagas descripciones que hace Duhem del *bon sens*. El resultado de dicho análisis mostrará que, utilizando los conceptos de Dewey, se puede llenar algunos de los huecos explicativos que deja Duhem sobre el *bon sens*, de una manera coherente y consistente con lo dicho por este último. En otras palabras, *el objetivo de este capítulo es hacer un ejercicio analítico de contraste entre las afirmaciones de Duhem sobre el bon sens y algunos aspectos de la teoría de John Dewey sobre la lógica de la investigación empírica*. No busco afirmar que hubo ninguna influencia entre ambos, sino sólo señalar que el contraste ayuda a esclarecer lo que considero que Duhem intentaba señalar cuando utiliza el concepto de *bon sens*.[249]

Para cumplir con el objetivo del capítulo, comenzaré señalando de manera más concreta los aspectos del *bon sens* de Duhem que considero oscuros o insuficientemente elaborados, para después mostrar cómo las ideas de Dewey ayudan a esclarecer esos aspectos. De manera que las tres primeras secciones 7.1, 7.2 y 7.3 elaboran esos aspectos

[248] Vimos esta cuestión en la sección 1.4.

[249] Es difícil encontrar comentarios o citas de alguno de los dos (Dewey o Duhem) refiriéndose al otro. Una excepción es en el texto "Experience Knowledge and Value: A Rejoinder" en el que Dewey (1939, p.537-538) señala que la concepción de los 'objetos científicos' que defienden los pragmatistas no es nueva y que ya había sido defendida por Duhem. No obstante, Dewey clarifica algunas particularidades de su concepción instrumentalista de dichos 'objetos científicos'. La concepción particular de instrumentalismo de Dewey la analiza a detalle Céline Henne (2023).

oscuros del planteamiento de Duhem, en la sección 7.4 presento algunos conceptos clave de Dewey y las secciones 7.5, 7.6 y 7.7 señalan puntualmente cómo Dewey responde a las cuestiones que Duhem deja sin responder. Sin embargo, la interpretación que propongo aquí también hará evidente algunas limitaciones de las conclusiones de Duhem sobre el *bon sens*. Dicha dificultad consiste en que la concepción de Duhem de la *continuidad* entre la *experiencia cotidiana* y la física presenta limitaciones, debido a que no analiza suficientemente cómo se llevan a cabo los juicios de la *experiencia cotidiana*. *Esto lo llevará a rechazar uno de los logros científicos más importantes de la época: la relatividad especial*, lo cual será analizado en el siguiente capítulo.

7.1 Si el *bon sens* pertenece al ámbito de la experiencia cotidiana ¿cuál es su relación con la física?

En las secciones 6.6 y 6.7 señalé que Duhem considera al *bon sens* como un tipo de *juicio* del ámbito de la *experiencia cotidiana,* pero ¿qué características tiene un tipo de juicio así? Duhem casi no elabora sus afirmaciones sobre la *experiencia cotidiana* y, en particular, sobre los *juicios* que este tipo de experiencia requiere. Como veremos, posiblemente él consideraba que el *bon sens* implicaba hacer suposiciones en la física de manera similar a como las hacemos en situaciones cotidianas, pero no es muy claro a este respecto. De manera que una primera cuestión a esclarecer sobre el *bon sens* de Duhem es, de acuerdo con él, *¿cómo hacemos suposiciones en física y en la experiencia cotidiana para guiar las acciones?*

El tipo de *juicio* al que Duhem llama *bon sens* debe ser tal que permita escoger entre las estrategias "tímida" y "audaz" que un investigador puede seguir al encontrar un resultado experimental recalcitrante. En la época de Duhem, algunos lógicos que estudiaban este tipo de *juicios* los asociaban con el uso de *hipótesis*. John Venn (1834-1923), por ejemplo, sostenía que las necesidades de la vida diaria (o de *experiencia cotidiana*) habían generado en el ser humano el *hábito* de hacer suposiciones.[250] Ese *hábito* se forma, de acuerdo con Venn (1889, p.384-385), por la necesidad de asegurar una correspondencia entre los pensamientos y los hechos que observamos.[251] "El proceso puede rastrearse a ese estado de cosas muy familiar en nuestra *vida práctica* en el que dudamos entre *dos o más*

[250] Hoy en día Venn es conocido principalmente por los diagramas que representan relaciones entre conjuntos, a los que se les llama *diagramas de Venn*.

[251] Como vimos en la sección 3.1, Mach describe a las hipótesis de una manera similar, como uno de los recursos que nos permite adaptar pensamientos a hechos.

alternativas… este estado de cosas es la condición esencial de, y ofrece el campo original para, el uso de la partícula 'si': en otras palabras, para el uso de *proposiciones hipotéticas*" (Venn 1889, p.385, énfasis añadido). Estas afirmaciones de Venn muestran que el *juicio* basado en suposiciones, o *hipótesis*, era considerado, en la época de Duhem, como el que se usaba en la *experiencia cotidiana* para elegir entre alternativas (como podrían ser estrategias de investigación). Venn (ibid..) explícitamente señala que, *debido a lo fructífero que ha resultado el uso de hipótesis en la vida cotidiana, hemos adaptado dicho uso a la ciencia*.

Venn sostiene que el uso de *hipótesis* en la vida cotidiana nos permite escoger entre alternativas porque las usamos al suponer que hay (o habrá) condiciones que hacen que ciertos actos puedan realizarse. "Estamos contemplando el clima de mañana ¿lloverá? No podemos decir: pero podemos formar los dos postulados de lluvia y buen clima, y podemos decir 'si llueve, iré a la exhibición'…" (Venn 1889, p.386). Es decir, escoger entre posibles *estrategias*, o cursos de acción, puede requerir que hagamos suposiciones. En el caso que Venn menciona, la suposición de que no lloverá se requiere para decidir 'ir a la exhibición'. En dicho ejemplo, al día siguiente sabremos si es el caso que llueve y, si no, podemos cambiar la decisión. Sin embargo, Venn señala que también hacemos suposiciones hacia el pasado. "Por ejemplo, un hombre ha sido asesinado y tratamos de descubrir quién fue el perpetrador del crimen… Me digo a mí mismo 'Si fue A quien lo hizo, debe haber estado lejos de su trabajo en el momento…'" (Venn 1889, p. 386). En estos casos puede ser más complicado identificar si las condiciones que hacían posible el acto de cometer un asesinato se cumplen. Es decir, hay un cierto grado de *incertidumbre* que impide afirmar categóricamente qué curso de acción es el correcto.

En el caso de un *experimento de testeo*, por ejemplo, no sabemos si un resultado recalcitrante se debe a la *hipótesis* que buscamos testear o algún otro supuesto. Ni las inferencias deductivas ni las inductivas, de acuerdo con Duhem, nos indican qué es lo que debe corregirse. "Cuando la experiencia contradice algunas consecuencias de una teoría, nos enseña que esta teoría ha de ser modificada, pero no nos dice qué es lo que hay que cambiar" (Duhem 2003, p.285). *Escoger entre la estrategia audaz o la tímida requiere hacer una suposición acerca de dónde está el error*. Si suponemos que el error es causado por el conjunto de teorías y supuestos adicionales que el experimento requiere, adoptaremos la estrategia tímida y conservaremos la hipótesis que intentábamos testear. Si, por el contrario, suponemos que dicha *hipótesis* es la causante del error, adoptaremos la estrategia audaz. En otras palabras, *el bon sens es un juicio de la práctica que establece un curso de acción bajo*

incertidumbre para alcanzar un objetivo.[252] Que esta es la intención de Duhem se puede apreciar explícitamente en comentarios como en el que afirma que, sin *bon sens*, "la mente matemática puede razonar de manera fluida y deducir sin fin. Pero es incapaz de *dirigir la acción* y mantener la vida" (Duhem 1991, p.96, énfasis añadido). [253] Lo que aporta el *bon sens* y que complementa al razonamiento deductivo son suposiciones que pueden dar dirección a las acciones. A su vez, ese tipo de suposiciones son características de la *experiencia cotidiana*, al elegir entre alternativas.

Sin embargo, hay muchas maneras en que podemos hacer suposiciones, tanto en la vida cotidiana como en los *experimentos de testeo* en física. Duhem parece claro respecto de que él *no* considera que los juicios de *bon sens* (y, en consecuencias, las suposiciones que pudiera implicar) expresen meras preferencias o sean arbitrarios. Por lo que queda abierta la cuestión:

> *C1: ¿Cómo hacemos suposiciones en física y en la experiencia cotidiana para guiar las acciones?*

7.2 El *bon sens* implica una valoración, pero ¿en qué consiste y de qué tipo es dicha valoración?

Otra cuestión que Duhem deja sin responder con claridad es *¿cómo se hace concretamente la valoración que implica un juicio que (como el de bon sens) toma en cuenta virtudes*

---

[252] Podemos entender el tipo de juicio de la práctica que Duhem describe a partir de uno de los descritos por Kant. A las creencias inciertas que aceptamos para guiar nuestras acciones en la obtención de un cierto fin, cuando el conocimiento teórico es insuficiente, Kant (A 824/ B852) las llamaba *creencias pragmáticas*. De acuerdo con Marcus Willaschek "La idea de Kant es que un juicio que no garantiza convicción completa sobre bases puramente teóricas (porque las razones objetivas disponibles quedan cortas para garantizar su verdad) puede, aun así, ser algo de lo que uno puede estar firmemente convencido —sin violar ninguna norma de racionalidad— si el juicio está en la clase de relación correcta con las acciones y fines de uno" (Willaschek 2016, p.137). En la lectura que hace Willaschek de Kant, dado un fin, aceptamos como hipótesis ciertas condiciones para fundamentar las acciones que puedan llevarnos a dicho fin. Una acción se basa en una creencia cuando ésta sostiene que se dan las condiciones que hacen posible que dicha acción sea exitosa. Willaschek señala la influencia de estas ideas de Kant en la filosofía de Peirce y considero que algo similar puede decirse sobre Duhem.
Sin embargo, a diferencia de Kant, y al igual que Peirce, Duhem atribuye una función específica a este tipo de *juicio práctico*, al que llama *bon sens*, en el proceso de investigación científica. Esto sucede porque Duhem, al igual que Peirce y otros autores de la época, reconocieron que algunas etapas de la investigación científica requieren de juicios basados en inferencias que, en su concepción, no se pueden clasificar como *deductivas* o *inductivas*. Esas inferencias sustentan *juicios de la práctica*, es decir, juicios que se hacen evaluando los medios para alcanzar un fin.

[253] Aquí Duhem utiliza la expresión *sens commun*, pero, como hemos visto, esta cita es de *La Ciencia Alemana*, donde él no distingue los términos *bon sens* y *sens commun*. Sin embargo, es claro que se refiere al *bon sens*, ya que, en este caso, indica un razonamiento que dirige la acción y no cogniciones universalmente compartidas.

morales, valores cognitivos y objetivos, pero sin que haya una jerarquía clara entre estos elementos ni tampoco criterios fijos?

Como vimos en la sección 1.3, una parte de la literatura reciente sobre el *bon sens* (Stump, Ivanova, Fairweather) considera que éste es un medio para *elegir teorías* a partir de considerar *virtudes* intelectuales y morales. Ya hemos visto, también los motivos por los que no considero que el *bon sens* sea un medio para la elección de teorías; sin embargo, sí parece cierto que el *bon sens* se basa en *valoraciones*. En su discusión del experimento de Foucault (que vimos en la sección 6.3), por ejemplo, Duhem señala que la hipótesis de emisión se abandonó por consideraciones de *valor*. Él señala que, pese al resultado del experimento, los físicos podrían haber seguido la estrategia tímida y tratar de conservar la hipótesis de emisión. "Si los físicos hubieran concedido *algún valor* a este trabajo, sin duda habrían llegado a basar en esta suposición un sistema óptico que concordara con el experimento de Foucault" (Duhem 2003, p.246, énfasis añadido). Es decir, Duhem sostiene aquí que *se abandonó la hipótesis de emisión debido a que los físicos no vieron valor en ella*. Más adelante, Duhem (2003, p.287) indica que *un juicio de bon sens fue el de abandonar la hipótesis de emisión*. De manera que, en el caso concreto del experimento de Foucault, lo que Duhem considera como una conclusión de *bon sens* es que la hipótesis ondulatoria tenía un valor que *en ese caso* la hacía preferible a la de emisión, a la cual no se le reconoció un valor que pudiera motivar a los físicos a conservarla.

El juicio de *bon sens* implica una valoración, pero resulta difícil identificar, de acuerdo con Duhem, qué es exactamente lo que se valora en un juicio de *ese tipo*. La literatura reciente que asocia al *bon sens* de Duhem con la *epistemología de la virtud* asume que lo que se valora principalmente son las *virtudes* morales de los agentes, en este caso, de los científicos. Como vimos en las secciones 1.3 y 1.4, hay dos consideraciones que apoyan esta interpretación. La primera es que Duhem (2003, p.287-288) explícitamente dice que se requiere de *honestidad* e *imparcialidad* al hacer un *juicio* de *bon sens*. La segunda es que Duhem (2003, p.379) afirma que las teorías no se eligen de manera objetiva considerando *valores cognitivos* como la elegancia, simplicidad, comodidad y conveniencia; por lo que, entonces, la valoración tendría que ser más bien de virtudes morales. Concuerdo con el primer motivo, pero no con el segundo.

Cuando Duhem dice que los *valores cognitivos* no llevan a la elección objetiva de teorías no menciona explícitamente al *bon sens*. Como vimos en la sección 1.4, si reconocemos que Duhem considera que el *bon sens* es un medio para hacer una elección que

no es propiamente la elección de teorías, entonces el *bon sens* bien podría consistir en valorar elegancia, simplicidad, comodidad o conveniencia. El comentario en que Duhem rechaza esos valores es respecto de una elección *diferente* a la que hace el *bon sens*. De hecho, el contexto en que Duhem rechaza valores como la simplicidad es un apéndice en el que trata de establecer que las teorías no pretenden ser *explicaciones verdaderas* de los fenómenos. Él insiste en que la simplicidad no puede tomarse como prueba de verdad.[254] Pero en el contexto en que se usa el *bon sens* no es el de establecer una verdad, sino un curso de acción o estrategia. De manera que no hay motivos para pensar que el juicio de *bon sens* excluye consideraciones como la simplicidad de las hipótesis. Esta conclusión es consistente con que él señale que la hipótesis de emisión se abandonó porque no se le atribuyó *valor*, lo cual sí reconoce explícitamente como un juicio de *bon sens*. Al comentar sobre ese caso, Duhem resalta el *valor de la hipótesis*, no propiamente las virtudes morales de los científicos.[255]

Como vimos en los capítulos 2, 3 y 4, autores de la época de Duhem, como Poincaré y Hertz, consideraban que, al menos, algunas hipótesis se escogen valorando su *simplicidad* y *conveniencia*. Duhem también menciona que las hipótesis debían permitirnos construir teorías que clasifiquen leyes de manera conveniente. "Los conocimientos así clasificados se pueden utilizar de una manera cómoda y segura" (Duhem 2033, p.28).[256] Hertz consideraba que la conveniencia consiste en *simplicidad* y *alcance predictivo*. Poincaré, por su parte, asocia la simplicidad con actividades prácticas, como las *convenciones* que facilitan el uso coordinado de estándares de medición entre países.

En distintos momentos, Duhem enfatiza tanto la *simplicidad* de las hipótesis como el alcance *predictivo*, pero él no ofrece una explicación clara y sistemática de cómo ve la función de estos valores. Una posible pista se encuentra en un texto previo a *La teoría física* titulado "Quelques réflexions au sujet des théories physiques" [Algunas reflexiones sobre las teorías físicas], publicado en 1892. Aquí Duhem señalaba que "Tres características pueden servir para facilitar la elección entre estas teorías diferentes. Estas son: *El alcance de la teoría*. *El número de hipótesis*. *La naturaleza de las hipótesis*" (Duhem 1892/1996, p.22, énfasis añadido). Aunque hemos visto que el *bon sens* no es un medio para la elección

[254] Véase, por ejemplo, Duhem (2003, p.225-226).

[255] Esto no quiere decir que las virtudes morales no fueran importantes para Duhem. Claramente él sí considera que dichas virtudes son necesarias al usar el *bon sens*; la cuestión aquí es que, también, él consideraba que algo se debe valorar en las hipótesis al hacer un juicio de *bon sens*.

[256] En otras palabras, el *bon sens* no pretende ser un juicio que identifica teorías o hipótesis verdaderas (lo que no tendría más sentido para Duhem del que tiene para Poincaré hablar de 'convenciones verdaderas'), sino que dirige la investigación en una dirección conveniente.

de teorías (de hecho, el concepto de *bon sens* no se menciona en el texto en cuestión), los comentarios que hace pueden ayudar a entender cómo él veía la función de la *simplicidad*. El primer criterio que menciona consiste en elegir la teoría que se utilice para deducir más fenómenos corroborados, es decir, *alcance predictivo*. El segundo criterio consiste en escoger, de entre teorías con el mismo alcance, la que requiera menor *número de hipótesis*. Finalmente, entre teorías con el mismo alcance y número de hipótesis se escoge a partir de su 'naturaleza', lo que Duhem explica diciendo que "Las hipótesis en las que descansa la teoría pueden ser más simples y más naturales o pueden traducir resultados experimentales más inmediatamente que aquellas en las que descansa la otra teoría" (Duhem 1892/1996, p.23). De manera que el *alcance, número* y *naturaleza* de las hipótesis podrían expresar lo que él entendía por *conveniencia*, ya que, desde la época de este texto temprano, Duhem ya consideraba que las teorías debían clasificar leyes de manera *conveniente*. Sin embargo, el hecho de que Duhem ya no se refiera explícitamente a estos tres criterios en textos posteriores a 1892 parece mostrar que cambió de opinión.[257]

Pese al posible cambio de opinión sobre la elección de teorías con base en tres criterios, podemos notar que Duhem (1892/1996, p.23) menciona a la *simplicidad* como parte de su explicación de la 'naturalidad de las hipótesis' y que *la distingue del criterio de buscar las teorías con el menor número de hipótesis*. Esto último parece indicar que él no entendía la *simplicidad* sólo en términos de un esquema deductivo sencillo, puesto que ese tipo de *simplicidad* ya está considerado en el criterio de buscar un número reducido de hipótesis. La *simplicidad* que él menciona está relacionada con que las hipótesis puedan ser traducidas "más inmediatamente" a resultados experimentales. Esa inmediatez parece sugerir que las hipótesis enuncian aspectos de los fenómenos cercanos a la *experiencia cotidiana* y, por eso, se pueden asociar más fácilmente a resultados experimentales.

Considero que lo que dice Duhem sobre la *simplicidad* es similar a la postura de Mach respecto de que "Los experimentos deliberados, sin alguna experiencia previa de observaciones casuales, será inocuo en la mayoría de los casos. La experiencia adquirida en el fomento de necesidades biológicas hace la tarea mucho más fácil porque nos da una imagen tentativa de las relaciones más fuertes de dependencia e independencia [entre elementos o condiciones de un fenómeno]… Cuando, por lo tanto, comenzamos una línea de experimentos sabemos, al menos aproximadamente, qué condiciones pueden ser

[257] Como vimos en la sección 1.2, esto lo enfatiza Maiocchi.

ignoradas de momento" (Mach 1976, p.149). Es decir, tanto Mach como Duhem parecen reconocer una forma de *simplicidad*, relevante para la investigación experimental, que evalúa en qué medida las relaciones que una hipótesis enuncia están apoyadas por las asociaciones que hacemos *intuitivamente* (en la *experiencia cotidiana*).

Por otra parte, Duhem también enfatiza el *alcance predictivo*, en *La teoría física*, tanto en su descripción del experimento de Foucault como al explicar su concepto de *clasificación natural*. En el experimento de Foucault, Duhem (2003, p.287) señala que la hipótesis ondulatoria producía nuevos descubrimientos mientras que los partidarios de la hipótesis de emisión sólo producían 'correcciones' e 'hipótesis accesorias'. Además, Duhem sostiene que debemos buscar que las teorías asemejen lo más posible a *clasificaciones naturales*, las que reconocemos, en parte, por su capacidad de hacer predicciones.[258] De acuerdo con Duhem (2003, p.31), el alcance predictivo de la hipótesis ondulatoria es lo que nos hace reconocer su incorporación a las teorías como un avance en la búsqueda de la *clasificación natural*. En un apéndice a *La teoría física* titulado "El valor de la teoría física", Duhem afirma que la búsqueda de la *clasificación natural* es lo que confiere valor a las teorías. Como hemos visto, Duhem sostiene que buscamos alcance predictivo y que esto indica que nos aproximamos a una clasificación natural. En otras palabras, *el valor de las hipótesis se establece en función del objetivo*.

Podemos decir que, para Duhem, un *juicio* de *bon sens* requiere virtudes morales, como la honestidad, pero la valoración que implica *no* se limita a reconocer dichas virtudes. También se evalúan aspectos de las hipótesis, como la simplicidad, reconociendo el apoyo de la misma en la *experiencia cotidiana*. Además, las valoraciones se asocian, de alguna manera, con los objetivos en la investigación. Sin embargo, lo anterior no parece esclarecer completamente cuáles son exactamente las características de las hipótesis que, según Duhem, se debían valorar (y cómo) en un *juicio* de *bon sens*. En un caso de testeo de hipótesis como el que describe Duhem, se espera que tanto la estrategia tímida como la audaz lleven a predicciones consistentes con el resultado negativo inicial. Si el *bon sens* consistiera sólo en valorar el alcance predictivo (porque es lo que indica que nos aproximamos a una clasificación natural), entonces no sería suficiente para elegir entre las estrategias. En cuanto a la simplicidad, los comentarios de Duhem sugieren que ésta se determina por una 'cercanía' con la *experiencia cotidiana*, pero no es muy claro cómo evaluar eso. Más allá de

[258] Véase, por ejemplo, lo que dice Duhem (2003, p.34) acerca de que si tenemos una clasificación natural esperamos que ésta nos lleve al descubrimiento de nuevas leyes.

estas consideraciones, Duhem no provee una lista fija de valores ni una jerarquía de los mismos. Es claro que no puede haber un algoritmo válido para todos los casos, ya que, en unos casos, el *bon sens* favorece la estrategia tímida y en otros la audaz; pero no queda claro, entonces, cómo se hace la *valoración* en ausencia de criterios claros. Es decir, aún queda sin aclarar la cuestión:

> *C2: ¿Cómo se hace concretamente la valoración que implica un juicio que (al igual que el bon sens) toma en cuenta virtudes morales, valores cognitivos y objetivos, pero sin que haya una jerarquía clara entre estos elementos ni tampoco criterios fijos?*

7.3 Duhem describe al *bon sens* como un tipo de sentimiento o intuición que resuelve la elección de hipótesis, pero ¿a qué se refiere con ello?

Una tercera cuestión que considero que Duhem deja sin responder es *¿en qué consiste el sentimiento o intuición que permite a un físico hacer un juicio de bon sens en un caso de testeo de hipótesis?*

En *La teoría física*, Duhem señala que el *bon sens* consiste en motivos que no pueden caracterizarse como de *lógica pura*. "Estos motivos que no derivan de la lógica y que, no obstante, guían nuestra elección, esas razones que la razón no conoce, que *hablan al espíritu de finura* y no al espíritu geométrico, constituyen lo que se llama apropiadamente el sentido común *[bon sens*]…" (Duhem 2003, p.286, énfasis añadido). Es decir, el *bon sens* está constituido por motivos que 'hablan al *espíritu de finura*'. Duhem retoma el concepto '*espíritu de finura*' de Blaise Pascal, pero no es demasiado claro cómo lo entiende. Entre otras cosas, Duhem asocia dicho concepto con una capacidad de captar mentalmente diversos elementos en conjunto. Es decir, "...el espíritu de finura que nos describe Pascal consiste esencialmente en la capacidad de ver con claridad un número muy grande de nociones concretas, captando a la vez el conjunto y los detalles" (Duhem 2003, p.76-77). Esto parece indicar que el '*espíritu de finura*' está relacionado con juzgar de manera *holista*, es decir, juzgar teniendo en mente una variedad de elementos *en conjunto*. Dicha conclusión es consistente con el hecho de que Duhem recurra a los motivos del '*espíritu de finura*' (o *bon sens*) al analizar el *testeo de hipótesis*, pues es justamente ese caso el que se hace problemático debido al *holismo en la confirmación*. Sin embargo, no parece claro cuál es esa capacidad de *juzgar* elementos en conjunto y cómo funciona.

En la primera parte de *La teoría física*, Duhem afirma que la capacidad de concebir mentalmente una variedad de elementos es una característica de cierto tipo de personas a las que se refiere como '*espíritus amplios, pero débiles*'. De acuerdo con él, una característica del '*espíritu amplio, pero débil'* es: "[su] extraordinaria capacidad para captar con la inteligencia un conjunto muy complejo de objetos, siempre que esos objetos sean perceptibles, tengan forma y color a los ojos de la *imaginación*" (Duhem 2003, p.73, énfasis añadido). Lo que Duhem indica aquí es que esa capacidad para captar con la inteligencia un conjunto complejo de objetos requiere de *imaginación*. Sin embargo, la sección de *La teoría física* en la que Duhem dice esto (capítulo IV de la primera parte) viene acompañada de una crítica hacia el uso de la *imaginación* en física. En general, Duhem sostiene que la mayoría de los físicos ingleses son '*espíritus amplios, pero débiles*', por lo que su física consiste en *imaginar* una amplia variedad de *modelos* para explicar los fenómenos físicos. Un problema con eso, de acuerdo con Duhem, es que dichos *modelos* suelen ser inconsistentes, por lo que la física inglesa es contraria a la búsqueda de la *unidad lógica* de las teorías (lo que contradice la opinión de Duhem sobre los objetivos de la investigación).

Considero que la crítica de Duhem hacia la física inglesa parece dirigida contra lo que él considera un *uso excesivo de la imaginación*, que se arriesga a producir incoherencias, más que contra la *imaginación* misma. En cualquier caso, Duhem sí parece asociar el uso de la *imaginación* más con el arte y la literatura (y otras actividades prácticas), que con la física. "Esa amplitud de espíritu es la que da color y calor al estilo de Rabelais, la que lo carga de imágenes visibles, palpables, aprehensibles, concretas hasta la caricatura, vivas hasta el hormigueo" (Duhem 2003, p.78). No obstante, considero que Duhem no está rechazando completamente a la *imaginación* y las características de los espíritus amplios puesto que él mismo enfatiza aspectos estéticos (incluso artísticos) en las teorías de la física. De acuerdo con Duhem, "Es imposible seguir el desarrollo de una de las grandes teorías de la física…sin dejarse seducir por la belleza de semejante construcción, sin sentir en lo más vivo que semejante creación del espíritu humano es realmente una obra de arte" (Duhem 2003, p.28). Es decir, por una parte, Duhem parece limitar el uso de la *imaginación* a la *experiencia cotidiana*, pero, por otra parte, al hablar del *bon sens* él enfatiza conceptos como el de '*espíritu de finura*' que hemos visto que está asociado a la *imaginación*. Esto puede parecer menos extraño si recordamos que (como vimos en la sección 6.7) Duhem considera al *bon sens* un juicio de la *experiencia cotidiana* que sólo de manera limitada se usa en física. De

manera que Duhem parece sostener que el juicio de *bon sens* se hace mediante recursos (como la imaginación) que él considera como del ámbito de la *experiencia cotidiana*.

Duhem sostiene que la *imaginación* permite captar mentalmente un conjunto complejo de elementos, pero el *bon sens* consiste en hacer un *juicio*, lo que requiere algo más. A este respecto podemos considerar que, cuando Duhem menciona el concepto de *espíritu de finura*, enfatiza una cita clave de Pascal. La cita en cuestión aparece tanto en *La teoría física* (2003, p.77) como en *Ciencia Alemana* (1915/1991, p.25); y señala que:

> Pero en el *espíritu de finura*, los principios se encuentran en el uso común y delante de los ojos de todo el mundo…Apenas se les ve, *se les siente* más bien que se les ve…son cosas tan delicadas y tan numerosas que se necesita un sentido bien delicado y bien neto para sentirlas, y *juzgar recto y justo según este sentimiento*… (Pascal, *Pensées*, art 7, énfasis añadido).

En otras palabras, Duhem sostiene que el tipo de juicio que se hace con el '*espíritu de finura'* consiste en seguir un tipo de *sentimiento*. Esta idea la encontramos en especial en la *Ciencia Alemana*: "A la facultad por la cual conocemos los axiomas se le da el nombre de sentido, sentido común [*sens commun*] o buen sentido [*bon sens*]… Es el sentimiento de la verdad. Sentimos la verdad inmediatamente cuando nuestra atención recae en un principio…" (1915/1991, p.7). Este tipo de comentarios muestran que el *bon sens* de Duhem también está relacionado a una reacción que podríamos llamar *sentimental* o afectiva. Duhem continuamente utiliza metáforas, tomándolas de Pascal, acerca de que el *bon sens* sigue '*razones del corazón*', que al usarlo '*los principios se sienten*': "El buen sentido [*bon sens*], que Pascal llama aquí 'el corazón', para sentir *intuitivamente* la evidencia de los axiomas, y el método deductivo para llegar por un progreso del discurso riguroso, aunque lento, a la demostración de los teoremas: he aquí los dos medios que utiliza la inteligencia humana cuando desea construir una ciencia del razonamiento" (Duhem 1915/1991, p.8, énfasis añadido).

Duhem considera que aquellos casos que se presentan en la investigación, y que (como el testeo de hipótesis) no se pueden resolver mediante el razonamiento deductivo, requieren *un tipo de juicio que es guiado por un sentimiento*. En otros momentos, él se refiere también a la sensación asociada con dicho *sentimiento* como una *intuición*. "No, no es verdad que la habilidad de discernir *intuitivamente* lo verdadero de lo falso, esto es, el buen sentido [*bon sens*], es igualmente desarrollado en todos los hombres" (Duhem 1915/1991, p.12, énfasis añadido). Duhem asocia al *bon sens* con una forma de *intuición*,

aparentemente, no en el sentido de Kant u otros filósofos, sino en su uso común cotidiano. Sin embargo, Duhem no elabora más allá de lo dicho hasta aquí sobre el *bon sens* y el *espíritu de finura*; de manera que nunca queda clara la cuestión de en qué consiste ese sentimiento o *intuición* que permite a un agente hacer un *juicio* de *bon sens*. Es decir, Duhem no responde:

> *C3: ¿En qué consiste el sentimiento o intuición que permite a un físico hacer un juicio de bon sens en un caso de testeo de hipótesis?*

En resumen, con lo dicho en ésta y las dos secciones anteriores, vemos que quedan tres cuestiones (al menos) sobre el *bon sens* de Duhem sin aclarar. Además, podemos agregar una cuarta cuestión, ya que tampoco es claro cómo se relacionan entre sí los aspectos del *bon sens* que hemos visto en estas tres secciones. De manera que lo que queda por aclarar sería:

> *C1: ¿Cómo hacemos suposiciones en física y en la experiencia cotidiana para guiar las acciones?*
>
> *C2: ¿Cómo se hace concretamente la valoración que implica un juicio que (al igual que el bon sens) toma en cuenta virtudes morales, valores cognitivos y objetivos, pero sin que haya una jerarquía clara entre estos elementos ni tampoco criterios fijos?*
>
> *C3: ¿En qué consiste el sentimiento o intuición que permite a un físico hacer un juicio de bon sens en un caso de testeo de hipótesis?*
>
> *C4: ¿Cómo es que el bon sens puede consistir tanto en hacer suposiciones como valoración sin criterios fijos y, además, un sentimiento o intuición?*

Los textos de Duhem no elaboran el concepto de *bon sens* lo suficiente como para dar una respuesta clara a estas cuestiones. Sin embargo, considero que se puede identificar respuestas plausibles asumiendo que la intención de Duhem, al usar el concepto de *bon sens*, era similar a la de otro autor de su época que sí elaboró sobre cuestiones similares.

7.4 John Dewey sobre la investigación empírica, el concepto de situación y el pensamiento cualitativo

En la época de Duhem, John Dewey (1859-1952) había comenzado a desarrollar una teoría sobre *la lógica de la investigación empírica*.[259] Como veremos, algunos aspectos de dicha teoría muestran, de manera más clara, cómo un *juicio* puede tener las funciones y características del *bon sens* de Duhem. Dewey desarrolló su teoría durante varias décadas y, a lo largo de ese tiempo, reformuló y esclareció varios elementos. Pero un aspecto central y recurrente de la concepción de Dewey era que una investigación inicia cuando nuestras maneras habituales de conducirnos en el mundo fallan. Es decir, la teoría de Dewey analiza la investigación empírica como un proceso que responde a una *situación* en la que algo inesperado sucede y debemos descubrir qué hacer ante ese suceso. Este es básicamente el tipo de situación en que Duhem recurre al *bon sens*: un caso en el que encontramos un resultado negativo en un *experimento de testeo* y el uso de inferencias deductivas (e inductivas) no son suficientes para establecer cómo debemos proceder. De acuerdo con Dewey, esto se hace construyendo un tipo de *juicio* que presenta similitudes importantes con el *bon sens* de Duhem. Las similitudes en las concepciones de ambos se aprecia, por ejemplo, en el hecho de que tanto Duhem como Dewey utilizan descripciones similares (como la de un *juicio legal*) para caracterizar el tipo de *juicio* que se requiere en esos casos.[260] De manera que vale la pena analizar cómo la filosofía de Dewey responde al tipo de situación para la que Duhem propone el uso del *bon sens*; la comparación (y la manera en que se complementan) puede darnos una idea acerca del tipo de soluciones que los autores de

[259] Analizar a detalle la obra de Dewey sobre la indagación científica sale de los objetivos de este capítulo. Sin embargo, en lo que resta de este capítulo, retomaré algunas de sus ideas que considero contribuyen a esclarecer lo que considero que es la intención de Duhem al usar el término *bon sens*. Para este propósito haré uso sólo de algunos textos que Dewey publicó en 1916, 1931 y 1938. Sin embargo, hay que tener en cuenta que, como señala James Scott Johnston: "Aunque Dewey desarrolló su teoría lógica a lo largo de más de cuarenta años, la mayoría de los fundamentos básicos de su teoría ya estaban presentes para 1903" (Johnston 2014, p.4). Esto implica que la mayor parte de las concepciones de Dewey se desarrollaron en la misma época en la que Duhem desarrolló las suyas. Es decir, Duhem y Dewey desarrollaron sus concepciones dentro del mismo contexto histórico, lo que sugiere que ambos intentaban responder a dificultades similares.

[260] En la *La Ciencia Alemana* Duhem plantea "¿Qué determinará si las fallas son o no de tal naturaleza que la suposición en cuestión debe abandonarse? El buen sentido [*bon sens*]. Pero *esta determinación será del mismo tipo que un juicio en un procedimiento legal* en el que las dos partes se enfrentan con la evidencia, parte de la cuál tiende a la convicción y parte hacia la exculpación" (Duhem 1915/1991, p.24, énfasis añadido). De manera similar, en su libro sobre la lógica de la investigación empírica, John Dewey señala que "Un ejemplo literal de juicio en el sentido definido lo proporciona el juicio de un tribunal cuando resuelve alguna cuestión que, hasta ese momento, estaba en litigio. Que se plantee una litigación legal es algo equivalente a que se plantee una situación problemática que exige una resolución. Hay incertidumbre y disputa sobre lo que debe hacerse, porque hay conflicto en torno a la significación de lo que ha ocurrido incluso si hay acuerdo sobre lo ocurrido como cuestión de hecho, lo que por supuesto no siempre es el caso" (Dewey 1938/2022, p.194).

inicios del siglo XX probablemente tenían en mente cuando discutían sobre la elección de hipótesis científicas.

Para empezar, Dewey enfatiza que las operaciones que llevamos a cabo en la fase de testeo de una investigación no son algo que se pueda entender en aislamiento. Jim Garrison sostiene que "La filosofía de Dewey es orgánica y *holística*" (Garrison 1996, p.392, énfasis añadido). La investigación, para Dewey (1938/2022, p.135-136), ocurre mediante '*un todo contextual*' al que él llama *situación*. Una *situación*, para él, incluye a un agente y a la parte del entorno con la que éste interactúa. Normalmente, esa interacción se conduce mediante *hábitos* con los que el agente responde a los desafíos y oportunidades que el entorno ofrece.[261] Pero *cuando los hábitos fallan* en responder adecuadamente al entorno, entonces puede intervenir el pensamiento reflexivo, iniciando el proceso que conocemos como *indagación*. La indagación termina con el establecimiento de un *juicio* que determina cómo hay que proceder frente al suceso para el cual los hábitos fallaron en responder. En el proceso de llegar a dicho juicio, la *situación* entera cambia, se reconstituye. Es decir, formular el *juicio* con el que culmina la indagación implica una nueva manera de entender la *situación* en la que el agente se encuentra.[262]

Para responder a las cuestiones que Duhem deja sin responder sobre el tipo de juicio que es el *bon sens*, podemos comenzar considerando cómo Dewey concibe algunas diferencias y relaciones entre el pensamiento de la *experiencia cotidiana* y el de la física. En particular, al hablar sobre el pensamiento de la vida cotidiana, Dewey distingue dos sentidos del término '*sentido común*'; esto de manera similar a como la literatura reciente sobre

[261] De acuerdo con Garrison (1996, p.393), Dewey entiende por *hábitos* respuestas aprendidas que canalizan impulsos afectivos. La idea es que no se refiere a instintos innatos, sino a maneras que hemos aprendido para responder efectivamente a nuestro entorno cotidiano.

[262] Un ejemplo de la vida cotidiana respecto de lo que dice Dewey podría ser el siguiente: Una persona que utiliza su auto diariamente para ir de su casa al trabajo probablemente no dedica mucho tiempo a pensar en el funcionamiento del auto u otros aspectos de su viaje. Ella tiene ya una ruta establecida y otros hábitos con los que llega a su destino de manera suficientemente satisfactoria. Pero si, de pronto, el auto deja de funcionar a medio camino, los hábitos en lo que confía no le ayudan a responder adecuadamente. Es entonces, que la persona debe idear una manera de proceder. Dewey considera que sólo entonces nuestra experiencia tiene importe cognitivo, porque sólo en esos casos se hace relevante el pensamiento reflexivo (antes no había necesidad para el mismo). Hay varias alternativas sobre las que la persona en cuestión debe decidir: llamar al trabajo y esperar una grúa, intentar arreglar el desperfecto por sí misma, abandonar el auto y tomar el transporte público, etc. Algunas alternativas requieren buscar información, por ejemplo, tratar de identificar el tiempo que tomaría caminar hasta el trabajo. También, puede ser relevante probar ideas, esperar a que el motor se enfríe y probar de nuevo si funciona. El juicio que resuelve la situación establece cómo se ha de proceder y la prueba de su validez consiste en seguir el curso de acción establecido y evaluar los resultados. En el proceso la situación se va transformando, inicia con una situación habitual en la que no hay necesidad para la reflexión, después la situación cambia a una de indagación y, una vez establecido el juicio, vuelve a ser una situación habitual, pero no la misma con la que se inició.

Duhem distingue entre *bon sens* y *sens commun.*[263] A Dewey le interesa discutir uno de estos sentidos que él asocia con lo que llama '*pensamiento cualitativo*', pero reconoce que la discusión se presta a confusión por la ambigüedad del término 'sentido común':

> Si no fuera por el doble y, por tanto, ambiguo sentido del término 'sentido común', podría decirse que el pensamiento de sentido común, que concierne a la acción y sus consecuencias, ya sea experimentadas en disfrute o sufrimiento, es cualitativo. Pero como 'sentido común' también se usa para designar tradición aceptada y se apela a él en apoyo de la misma, es mejor de inicio referir simplemente a aquel pensamiento que tiene que ver con los objetos involucrados en las preocupaciones y cuestiones de la vida. (Dewey 1931, p.93)

Aquí Dewey aclara que el sentido del concepto 'sentido común' que le interesa consiste en un tipo de pensamiento que él llama 'cualitativo' y que concierne a las acciones y sus consecuencias en el proceso de sufrir o gozar. Este tipo de pensamiento es característico de la *experiencia cotidiana* y Dewey lo distingue del pensamiento en la física. De acuerdo con él: "Las proposiciones significantes en las ciencias físicas son ajenas a consideraciones cualitativas como tales; ellas lidian con…relaciones. Considérese [por ejemplo] las diferencias entre movimiento como alteración cualitativa y movimiento como F=ma…" (Dewey, 1931, p.93). Es decir, lo que Dewey llama '*pensamiento cualitativo*' está relacionado con las actividades cotidianas y *opera con cualidades*, lo que contrasta con el pensamiento en física, el cual opera con *relaciones*.[264] Veremos más adelante que, de hecho, Dewey sí considera que el *pensamiento cualitativo* influye en la física (y posiblemente en todo lo que hacemos), pero inicialmente él lo enfatiza como propio de la vida cotidiana.

De las *cualidades* con las que opera el pensamiento de sentido común, hay un tipo de *cualidad* que Dewey considera particularmente importante para entender los procesos de investigación. A este respecto, Dewey no se refiere a lo que se suele llamar 'cualidades primarias' (solidez, extensión, figura) ni 'cualidades secundarias' (color, sabor, sonido). Dewey enfatiza un tipo de *cualidad* que no pertenece a estas categorías, pero que él afirma que podemos reconocer en toda *situación*. Él se refiere a ese tipo de *cualidad* como *terciaría* y afirma que dicho tipo de cualidad no caracteriza objetos aislados, sino *situaciones*

[263] Dewey menciona la distinción, por ejemplo, en el texto "Qualitative Thought" 1931.

[264] Dewey tiene razón al afirmar que el pensamiento en la física opera primariamente con relaciones, ya que utiliza casi exclusivamente magnitudes o conceptos cuantitativos. El valor de las magnitudes se establece mediante medición, lo que implica establecer relaciones numéricas entre propiedades y estándares. Adicionalmente, las leyes y teorías de la física dan cuenta de los fenómenos enunciando relaciones entre magnitudes.

completas.[265] Las *cualidades terciarias* constituyen el medio que nos permite, por ejemplo, reconocer obras de arte, personas o eventos históricos. "Considérese, por ejemplo, una pintura que es una obra de arte y no sólo un cromo o producción mecánica. Su cualidad no es una propiedad que posea adicionalmente a otras propiedades. Es algo que externamente la demarca de otras pinturas y que internamente impregna, colorea, tonifica y pondera cada detalle y cada relación de la obra de arte" (Dewey 1931, p.96). Él sostiene que el mismo tipo de *cualidad* explica, por ejemplo, que podemos distinguir el rostro de dos personas, aún si no siempre podemos señalar explícitamente cuáles son las características que las distinguen. Dewey considera que este tipo de fenómenos sólo son explicables si asumimos que hay un tipo de *cualidad* que nos permite hacer este tipo de reconocimientos y distinciones. "Dewey no tiene un argumento para mostrar que hay tales cualidades. Todo lo que hace, y quizá todo lo que puede hacer, es apelar a la experiencia del lector" (Pappas 2016, p.448). Si rechazamos que hay una *cualidad* que percibimos y que nos permite hacer distinciones como la mencionada: "los fenómenos [como nuestra capacidad de distinguir personas u obras de arte] son atribuidos a la 'intuición' o al 'genio' o al 'impulso' o 'personalidad' como entidades finalmente inanalizables; o, peor aún, el análisis intelectual es reducido a la enumeración mecánica de elementos aislados o 'propiedades'" (Dewey 1931, p.96). Tales consecuencias son inaceptables para Dewey.[266]

De acuerdo con Dewey, el tipo de *cualidad* que él describe nos permite reconocer la *situación* en que nos encontramos. Él sostiene que cada *situación* posee una *cualidad* única que, como en el caso de una obra de arte, la distingue de otras situaciones e indica qué elementos la componen, cómo se relacionan, etc. "El punto especial es que la determinación selectiva y relación de los objetos en el pensamiento es controlada por la referencia a una situación—a aquello que es constituido por una cualidad generalizada e internamente integrante, tal que el fracaso en reconocer la situación deja, al final, inexplicable a la fuerza lógica de los objetos y sus relaciones". (Dewey 1931, p.96-97). La relevancia de los objetos

[265] Puede ser poco claro qué tipo de cosa es la *cualidad* a la que Dewey se refiere. Como explica Gregory Fernando Pappas: "En filosofía, cualidad se suele asociar, ya sea, con alguna propiedad metafísica abstracta o con algún fenómeno subjetivo (como datos de los sentidos o *qualias* en la consciencia), ninguna de estas es la opinión de Dewey. Para Dewey, las cualidades son experimentadas, requieren a un experimentador, pero no pertenecen a la consciencia. Se encuentran en situaciones y revelan aspectos de la naturaleza" (Pappas 2016, p.442).

[266] Nótese que algo como lo que dice Dewey aquí parece haber sucedido con el *bon sens* de Duhem; es decir, la capacidad que éste describe de hacer un juicio sobre la hipótesis que se debe abandonar se entiende como un fenómeno que se atribuye a la *intuición* o a la *personalidad* (en la literatura de epistemología de la virtud, por ejemplo) y que se ve como inanalizable.

y sus relaciones para una *situación* es algo que sólo se puede reconocer por medio de la *cualidad* que la distingue.

Como sucede con el *bon sens* de Duhem, la percepción de la *cualidad* de una *situación*, aunque es difícil de describir explícitamente, nos conduce de manera confiable en el razonamiento, de acuerdo con Dewey. Para este último, tanto en la física como en la *experiencia cotidiana*, el razonamiento comienza con el reconocimiento de una *cualidad* que tiene la *situación* en la que uno se encuentra. *Esa misma cualidad guía al razonamiento en el proceso de transformar la situación*. Es decir, la indagación va transformando la *situación* en la que uno se encuentra y, al hacerlo, la *cualidad* de dicha situación también va cambiando; a su vez, el razonamiento con el que conducimos la indagación es guiado por esos cambios cualitativos. Esto sucede, de acuerdo con Dewey, tanto en las indagaciones de la *experiencia cotidiana* como en la física. La diferencia entre la física y la *experiencia cotidiana* está en los recursos que usamos al razonar (en física utilizamos un razonamiento matemático-deductivo en un grado que difícilmente se usa en la experiencia cotidiana), pero en ambos casos comenzamos con (y somos guiados por) la *cualidad* que distingue a la *situación*.

En la vida cotidiana, o incluso en el arte, podemos reformular los conceptos que usamos en el razonamiento en términos matemáticos. Sin embargo, eso puede no ser necesario en algunas áreas, porque lo que importa en los asuntos del arte o de la vida cotidiana es finalmente el *aspecto cualitativo de la situación*. "Tras un análisis posterior, denominamos las propiedades de una obra de arte con nombres como simetría, armonía, ritmo, medida y proporción. Estos pueden, al menos en algunos casos, formularse matemáticamente. Pero la aprehensión de estas relaciones formales no es primordial ni para el artista ni para el espectador apreciativo. El tema formulado por estos términos es principalmente cualitativo y se aprehende cualitativamente." (Dewey 1931, p.103). Esto no sucede sólo en el caso del arte, sino en el pensamiento de la vida cotidiana en general. "El pensamiento artístico no es único a este respecto, sino que sólo muestra una intensificación de una característica de todo pensamiento. En un sentido más amplio, es una característica de todo pensamiento no técnico y no 'científico'. El pensamiento científico es, a su vez, una forma de arte especializada, con su propio control cualitativo. Cuanto más formal y matemática se vuelve la ciencia, más controlada está por la sensibilidad a un tipo especial de consideraciones cualitativas." (Dewey 1931, p.104). Es decir, lo que cambia en el caso

de la física, con respecto al pensamiento no técnico, es la cualidad a la que el investigador debe ser sensible, pero no la importancia del *pensamiento cualitativo.*[267]

Dewey sostiene que el papel del *pensamiento cualitativo* sigue siendo relevante en la ciencia, a pesar de que los conceptos científicos se formulan en términos de *relaciones numéricas* que se abstraen de las *cualidades*. Es decir, a pesar del tipo de abstracción que caracteriza a la ciencia, "El pensamiento 'científico', expresado en la ciencia física, nunca escapa a la existencia cualitativa... La falta de reconocimiento de este hecho es la fuente de gran parte de los problemas artificiales y falacias que infectan nuestra teoría del conocimiento…" (Dewey 1931, p.116). Es decir, el *pensamiento cualitativo* opera tanto en la *experiencia cotidiana* como en la física, a pesar de las diferencias entre las actividades que caracterizan a ambas formas de experiencia.

7.5 La respuesta de Dewey a la primera cuestión que Duhem deja abierta

Respecto de la cuestión:

> *C1: ¿Cómo hacemos suposiciones en física y en la experiencia cotidiana para guiar las acciones?*

De acuerdo con Dewey, la *cualidad* de una *situación* de indagación guía las operaciones necesarias para construir un *juicio práctico*. El proceso de construir ese *juicio* es común tanto a las indagaciones en física como en la *experiencia cotidiana* y es el concepto con el que Dewey puede responder la cuestión *C1*. Dicho *juicio práctico* establece una nueva manera de proceder en una *situación* en que, previamente, había sucedido algo que bloqueaba la manera usual de proceder. Considero que el concepto de *bon sens* de Duhem es similar al de *juicio práctico* de Dewey. Por '*juicio práctico*' "Se quiere decir simplemente una clase de juicio que tiene un tipo específico de tema. Existen proposiciones relacionadas con *agendas*: cosas por hacer o que hacer, juicios sobre una situación que exige acción."

[267] Esto es relevante porque, en la sección 6.7, vimos que Duhem considera que el *bon sens* se utiliza para derivar consecuencias de ideas imprecisas en la *experiencia cotidiana* y en ciencias fuera de la física (como en la fisiología y en aquellas en que el razonamiento no es primariamente matemático). Duhem sostenía que la física contrasta con otras ciencias precisamente porque la derivación de consecuencias ya está controlada por las reglas del razonamiento matemático-deductivo. Lo que finalmente señalaré (en las siguientes secciones) es que el *bon sens* puede ser entendido como un *juicio práctico guiado por la cualidad de una situación*. Verlo así ayuda a entender por qué Duhem pensaba que el *bon sens* deriva consecuencias de ideas imprecisas en la *experiencia cotidiana* y no en la física, mientras que, al mismo tiempo, puede guiar el abandono de hipótesis de física. Es decir, el *bon sens* es un tipo de juicio que usamos regularmente en la *experiencia cotidiana*, pero en física razonamos a partir de las reglas deductivas de la matemática; sin embargo, en casos en que esas reglas son insuficientes, el físico aún puede usar al *bon sens* puesto que incluso las situaciones de investigación de la física poseen *cualidades*, al igual que como sucede en la vida cotidiana.

(Dewey 1916, p.335, itálicas en el original). El curso de acción que establece el *juicio práctico*, de acuerdo con Dewey, busca resolver una dificultad; lo que él describe como '*completar una situación*'. "Completitud no significa exhaustividad per se, sino adecuación con respecto a fines y sus medios" (Dewey 1916, p.345). Es decir, hacemos un *juicio práctico* en una *situación indeterminada* en la que hay una dificultad y necesitamos establecer qué es lo que hace falta para resolver esa dificultad, así como cuáles son los medios para conseguirlo.

El *pensamiento cualitativo* es un recurso instrumental clave en la construcción del *juicio práctico,* puesto que es la *cualidad* de la *situación* la que nos permite reconocer qué elementos son importantes y cómo se relacionan. Reconocer los componentes relevantes de una *situación* es el primer paso para construir un *juicio práctico*, de acuerdo con Dewey. "El juicio de qué se debe hacer implica, como hemos visto, un enunciado sobre cuáles son los hechos dados de la situación, tomados como indicación del curso a un propósito y de los medios a ser empleados en su búsqueda" (Dewey 1916, p.345). De acuerdo con Dewey, incluso los hechos que forman parte de la situación en la que se encuentra el investigador son parte de lo que se debe establecer.

En el caso de un *experimento de testeo que produce un resultado negativo*, por ejemplo, se debe establecer qué es lo que está mal. Esto no se conoce de antemano, sino que se deben hacer varias hipótesis acerca de qué es lo que sucede. No es que los hechos que componen la situación sean meras construcciones mentales ni nada por el estilo, sino que uno supone, como *hipótesis*, que los hechos son de cierto tipo. "La hipótesis es que los hechos que constituyen los términos de la proposición de lo dado son relevantes y adecuados para los propósitos a la mano—la determinación de una posibilidad a ser alcanzada en la acción" (Dewey 1916, p.345). Lo que uno supone, como *hipótesis*, es que los hechos que se están considerando son relevantes y son tales que ciertos actos resolverán satisfactoriamente la situación. "Lógicamente, cualquier proposición factual es una proposición hipotética cuando se le hace la base de cualquier inferencia" (Dewey 1916, p.346). Al suponer, por ejemplo, que los instrumentos que se usan en un *experimento de testeo* son una fuente de error, uno está postulando un hecho como hipótesis: que cierto instrumento no funciona como previamente se pensaba. Esa hipótesis, a su vez, nos permite *inferir* qué tipo de acciones se deben intentar; como buscar un instrumento nuevo que reemplace al anterior y cuyo funcionamiento esté mejor controlado.

Decidir entre alternativas, como la estrategia tímida o la audaz en el caso del *testeo de hipótesis*, requiere hacer una *suposición* acerca de qué es lo que está mal, es decir, cuál es la causa del error. "Encontrar *cuál* es el problema o problemas que una situación indeterminada presenta para ser investigado es haber avanzado un buen trecho en la investigación; captar mal el problema involucrado hace que la investigación subsiguiente sea irrelevante o se extravíe" (Dewey 1938/2022, p.180, itálicas en el original). Al menos, en algunos casos, hacer una *suposición* sobre cuál es el error implica hacer simultáneamente una *hipótesis* acerca de la solución. El propio Duhem sostiene que cada fallo nos indica algo. "Aquí es necesario… prestar atención a lo que cada observación que ha condenado la idea inicial *sugiere*, y sintetizar todas estas lecciones para el propósito de fabricar un pensamiento nuevo que pasará una vez más bajo el escrutinio de los resultados actuales. ¡Qué tarea tan delicada, en la cual ninguna regla puede guiar a la mente!... para llevarla a cabo bien, es necesario que el buen sentido [*bon sens*] se trascienda a sí mismo, esto es, que empuje su fuerza y su finura hasta sus límites" (Duhem 1991, p.24, énfasis añadido).

Dewey también enfatiza la importancia de prestar atención a lo que los diversos aspectos de una *situación* sugieren. De acuerdo con Godfrey Guillaumin: "En términos generales, las *sugerencias* son afirmaciones de cosas *no presentes*, pero que son *inferidas* a partir de datos o información presente. La sugerencia involucra, afirma Dewey, un hecho percibido o advertido del cual se sigue algo más que no es observado, pero que es traído a la mente, *sugerido*, por la cosa percibida" (Guillaumin 2022, p.373, itálicas en el original). Aún más, Guillaumin señala que Dewey utiliza el concepto de *sugerencia* como el tipo de inferencia con el que se formulan las *hipótesis*: "Dewey no utilizó el término 'abducción', pero sí el término 'sugerencia' y, además, de formas muy similares a las que Peirce había identificado en la abducción" (Guillaumin 2022, p.375).

Cuando un *experimento de testeo* produce un resultado negativo, las afirmaciones de Dewey sugieren que tendríamos que hacer una suposición acerca de qué es lo que está mal. Esa suposición establece tentativamente un hecho: que el error es causado por x factor. Esto es parte de un *juicio práctico* porque también establece un curso de acción tentativo, a saber que si reemplazamos o eliminamos el factor x entonces evitaremos el resultado negativo. Es decir, el *juicio práctico* establece un medio (reemplazar o eliminar el factor x) para alcanzar un fin (evitar el resultado negativo). Dicho juicio se pone a prueba al llevar a cabo el curso

de acción que establece, de manera que reconocemos si es adecuado a partir de las consecuencias de dichas acciones.[268]

En pocas palabras, a la cuestión:

C1: ¿Cómo hacemos suposiciones en física y en la experiencia cotidiana para guiar las acciones?

Dewey respondería que:

R1: Mediante un juicio práctico que construimos reconociendo hechos relevantes que sugiere el pensamiento cualitativo en el contexto de una situación indeterminada. Es decir, tanto en la física como en la experiencia cotidiana, las situaciones de indagación poseen una cualidad, la cual sugiere que ciertos hechos son relevantes y de tal forma que determinadas acciones serán exitosas.

Elaboraré con más detalle cómo es que la *cualidad* de una *situación* guía la construcción de un *juicio práctico* al final de la sección 7.7; primero consideraré la respuesta que podemos reconocer en los textos de Dewey respecto de las otras cuestiones.

7.6 John Dewey sobre el juicio práctico y la valoración que implica

Respecto de la cuestión:

C2: ¿Cómo se hace concretamente la valoración que implica un juicio que (al igual que el bon sens) toma en cuenta virtudes morales, valores cognitivos y objetivos, pero sin que haya una jerarquía clara entre estos elementos ni tampoco criterios fijos?

Podemos comenzar notando que, al igual que sucede con el *bon sens* de Duhem, el *juicio práctico* de Dewey concierne al agente, pero no se limita a considerar virtudes morales. Un *juicio práctico*, de acuerdo con Dewey, involucra a toda una *situación*: "…es un juicio acerca de uno mismo sólo en la medida en que es un juicio sobre la situación en la que uno está incluido, y en la que una multitud de otros factores externos a uno son incluidos" (Dewey 1916, p.337). El *juicio práctico* que describe Dewey concierne tanto al investigador

[268] Sin embargo, aquí estoy simplificando un poco el asunto. No cualquier cambio o reemplazo de un factor implicado en un *experimento de testeo* será igualmente adecuado, incluso si evita el resultado negativo. Más aún, la situación de *testeo de hipótesis* que describe Duhem consiste en una en la que dos modificaciones diferentes se proponen para evitar el resultado negativo: modificar la hipótesis que se intenta testear o las teorías implícitas. Es decir, el juicio que se requiere no es sólo el de determinar qué modificación evita el resultado negativo, sino cuál es mejor (en algún sentido). Veremos cómo Dewey plantea la respuesta a esta cuestión en las siguientes secciones.

como a la *situación* porque sólo tiene sentido decir que algo se debe hacer si el investigador es capaz de hacerlo y si esas acciones resuelven la dificultad en cuestión.

Un aspecto importante de los casos de *testeo de hipótesis* para los que Duhem propone el *bon sens* es que se presentan más de una manera de dar cuenta del resultado negativo. Es decir, el *bon sens* debe permitirnos reconocer si una solución es más satisfactoria que otra. Vimos, en la sección 7.2 que el *bon sens* involucra consideraciones de *valor*. De manera similar, Dewey señala que hacer un *juicio práctico* implica hacer una *valoración*.

No obstante, Dewey advierte que hay una confusión común que debemos evitar al analizar esta cuestión. "La experiencia de algo como un bien y el juicio de que ese algo es un valor de una cierta clase y cantidad han sido casi inextricablemente confundidos" (Dewey 1916, p.349). Es decir, hay diferencias relevantes entre aceptar que algo es agradable o bueno y *juzgar* que ese algo es un *valor*. Dewey insiste en que no debemos confundir la idea de que algo nos parece agradable y la conclusión de que ese algo es importante para nosotros porque puede conducirnos a un fin que buscamos. "Un hombre puede no sólo disfrutar una cosa, sino que puede juzgar que la cosa disfrutada es un bien, es un valor. Pero al hacerlo, él está yendo más allá de la cosa inmediatamente presente y hace una inferencia hacia otras cosas que, él implica, están conectadas con ella" (Dewey 1916, p.357). Es decir, hacer una *valoración* implica *inferir* cómo los distintos elementos de la situación están relacionados entre sí, lo que contribuye a hacer un *juicio* sobre la *situación* como un todo (de manera *holística*).[269]

Como en el caso de Duhem, Dewey no da una lista fija de valores ni una jerarquía de los mismos, aunque reconoce que puede haber características de las cosas que normalmente valoramos. Parte de hacer un *juicio práctico* requiere establecer, para cada *situación* particular, qué valores son más importantes y por qué. Dewey señala que, por ejemplo, cuando una persona intenta decidir acerca de qué traje comprar: "Relativa o comparativa durabilidad, accesibilidad, adecuación, estilo, atractivo estético, constituyen marcas de valor. Son marcas de los objetos no per se, sino como parte de una posible y previsible completitud de una situación. Su valor es su fuerza precisamente en esta función.

[269] En el curso de una investigación podemos percibir muchas cosas, pero no a todo le asignamos importancia cognitiva. Le asignamos esa importancia a lo que inferimos que puede ayudar a resolver la situación. "Las percepciones cognitivas para Dewey…requieren ir más allá de los inmediato a otras consecuencias aún no percibidas, e involucra actuar sobre la percepción" (Gowin 1959, p.210).

La decisión de mejor y peor es la determinación de sus respectivas capacidades e intensidades en este respecto. Aparte de su estatus en este oficio, no tienen marcas de valor para el conocimiento" (Dewey 1916, p.362). Él enfatiza que la valoración que implica el *juicio práctico* no expresa una simple preferencia; más bien, la valoración se hace con referencia a la *situación* particular en la que se hace la indagación.

De acuerdo con Dewey, el valor que las cosas adquieren depende de su rol como medios para resolver la situación, es decir, para alcanzar un objetivo. "Consecuentemente, no hay valor más que en situaciones en las que se encuentran deseos y la necesidad de deliberación…La reflexión es un proceso de encontrar qué queremos, qué, podríamos decir, *realmente* queremos y esto significa la formación de un nuevo deseo, una nueva dirección para la acción. En este proceso, las cosas *adquieren* valor—algo que no poseían antes, aunque tienen sus eficiencias" (Dewey 1916, p.368, itálicas en el original). Aquí Dewey indica también que, en el proceso de hacer un *juicio práctico*, estamos estableciendo conjuntamente cuál es el *fin*, es decir, aquello que resolverá la *situación* satisfactoriamente. Por el mismo motivo, al llevarse a cabo una indagación, los diversos aspectos de la situación están en proceso de ser valorados; *su valor quedará establecido por su función como medios para resolver la situación*.

Hemos visto, al final de la sección 7.2, que Duhem asocia el valor de las teorías con un objetivo: la teoría ideal que él llama *clasificación natural*. Esto parece distanciarse de Dewey; ya que, para Duhem, el valor de una *hipótesis* particular vendría dado por la manera en que contribuye a construir teorías que asemejan a una *clasificación natural*, independientemente de situaciones particulares. Sin embargo, nada de lo que dice Duhem contradice la idea de que cada investigación particular puede tener también un fin más inmediato, algo que resuelva la duda que inició la investigación en primer lugar. De hecho, Dewey distingue dos concepciones diferentes de los '*fines*' de la investigación. "Apuntare, entonces, que el 'fin' puede significar ya sea el límite de facto al juicio, que por definición no entra en el juicio en absoluto, o puede significar el objeto último y que completa al juicio, la concepción de tal objeto con la que una situación transitiva incompleta dada termina" (Dewey 1916, p.371). Duhem sólo parece reconocer explícitamente la idea de un fin a largo plazo, la *clasificación natural*, el cual es fijo y no algo sobre lo que un físico típicamente delibera. Dewey señala como tradicional esa manera de ver los fines: "...puedo señalar que esta es la doctrina de Aristóteles cuando él dice que nunca deliberamos sobre fines, sino sólo sobre medios" (Dewey 1916, p.372). Sin embargo, esa idea de un fin último para la

investigación no contradice la idea de que cada investigación particular tiene un fin con la que se resuelve, lo que Dewey llama '*fin-a-la-vista*'. No deliberamos sobre el fin último "Sí deliberamos, sin embargo, sobre fines-a-la-vista—un hecho que muestra la naturaleza radicalmente diferente entre fines como límites a la deliberación" (Dewey 1916, p.373).

El *juicio práctico* de Dewey establece simultáneamente los *medios* y el *fin-a-la-vista*, es decir, establece cuáles son los hechos relevantes de la situación, lo que a su vez establece qué se debe de hacer y las consecuencias que hipotéticamente se obtendrán. Como consecuencias, aquellos factores que se reconocen como *medios* para el *fin-a-la-vista* adquieren *valor*. Al igual que el *bon sens* de Duhem, la valoración implícita en el *juicio práctico* de Dewey no se puede concebir independientemente del *carácter* del agente que la lleva a cabo. "Ahora, el carácter del agente que juzga es una de las condiciones para la producción de estas consecuencias. Una persona insensible no sólo no prevé ciertas consecuencias y no será capaz de darles la importancia adecuada, sino que no ofrece las mismas condiciones para que se produzcan que constituye un hombre sensible" (Dewey 1916, p.378). Esto es consistente con la importancia que Duhem atribuye a las *cualidades* de los físicos, tanto sus virtudes morales como la necesidad de que éstos se formen en el conocimiento de la historia de la ciencia.

En pocas palabras, a la cuestión:

> *C2: ¿Cómo se hace concretamente la valoración que implica un juicio que (al igual que el bon sens) toma en cuenta virtudes morales, valores cognitivos y objetivos, pero sin que haya una jerarquía clara entre estos elementos ni tampoco criterios fijos?*

Dewey respondería que:

> *R2: La valoración en un juicio práctico se hace estableciendo simultáneamente, para cada situación particular de indagación, cuál es el fin que resuelve el problema que inició la indagación y los medios para alcanzarlo. El valor de los componentes de la situación queda establecido, para cada situación, por su relevancia como medios para alcanzar el fin en cuestión.*

7.7 John Dewey sobre la intuición en el proceso de investigación

Respecto de las cuestiones:

> *C3: ¿En qué consiste el sentimiento o intuición que permite a un físico hacer un juicio (como el de bon sens) para resolver un caso de testeo de hipótesis?*

C4: ¿Cómo es que un juicio (como el bon sens) puede consistir en hacer suposiciones, una valoración sin criterios fijos y un sentimiento o intuición?

Hay que considerar que, como mencioné en 7.5, el *juicio práctico* de Dewey se hace de acuerdo con la *cualidad* de la *situación* en la que el agente se encuentra. De manera que, al igual que sucede con el *bon sens* de Duhem, el *juicio práctico* de Dewey considera aspectos afectivos. "si designamos esta singular cualidad generalizada en lenguaje psicológico, diríamos que se *siente más que se piensa*" (Dewey 1931, p.99, énfasis añadido). Ese sentimiento es algo que expresamos con términos imprecisos, pero que todos podemos reconocer haber utilizado en casos concretos:

> Cuando se dice que tengo un sentimiento, impresión o 'corazonada' de que las cosas son de tal y cual manera, lo que se designa, de hecho, es primariamente la presencia de una cualidad dominante en una situación como un todo…Es el primer paso en el desarrollo de distinciones explícitas. Todo pensamiento en cada tema comienza con tal todo sin analizar.[270] Cuando el tema es razonablemente familiar, las distinciones relevantes rápidamente se ofrecen y la cruda cualidad puede no permanecer lo suficiente como para ser completamente recordada. Pero suele persistir y forma un inquietante y absorbente problema (Dewey 1931, p.100).[271]

Hay dos cosas a resaltar respecto de lo que dice Dewey aquí. Primero él señala que una *situación* posee una *cualidad*, la cual *sentimos*, y es con referencia a ella que trazamos

[270] Lo que dice Dewey puede parecer similar a lo que han sostenido los teóricos de la *Gestalt*, quienes enfatizan que nunca encontramos elementos aislados en la experiencia, sino que sólo los experimentamos como partes de un *todo;* las relaciones entre elementos son tan importantes como, e irreducibles a, los elementos mismos. Sin embargo, D. Bob Gowin (1959) señala que es un error identificar la filosofía de Dewey con la teoría de la *Gestalt*. De acuerdo con Gowin, esto se debe a que hay supuestos que subyacen a la teoría de la *Gestalt* que Dewey rechazaría y que hacen que dicha teoría se aproxime más a una forma de *idealismo*. Por ejemplo, Gowin (1959, p.197) señala que los teóricos de la *Gestalt* asumen que la distinción sujeto-objeto es dada, lo que Dewey rechaza. Pero posiblemente la diferencia más importante es que, de acuerdo con Gowin, el conocimiento es *inmediato* para los teóricos de la *Gestalt* y viene dado en el *todo* que constituye nuestra experiencia. Al experimentar una situación, como un *todo*, es que obtenemos conocimiento de la misma. En contraste, para Dewey, la mayor parte de lo que percibimos *no* es cognitivo; experimentamos una situación de manera inmediata, pero eso no equivale a tener conocimiento de ella. "Conocer lleva tiempo, involucra la manipulación de cosas y eventos del mundo. Dewey piensa que el conocimiento del hombre de su experiencia ordinaria, inmediata, de sentido común, se desarrolla a través de hacer y deshacer la indeterminación, formación de problemas y resolución de problemas de una situación" (Gowin 1959, p.203).

[271] En otras de sus obras, Dewey seguirá usando la idea de que una situación se distingue por una *cualidad generalizada*, la cual se manifiesta como algo que *sentimos*. En su libro de *Lógica: La teoría de la investigación*, Dewey explica que reconocemos que una situación es *indeterminada* (es decir, que requiere investigación) porque viene asociada con la s*ensación de conflicto*, *estrés* o *sentimientos de preocupación*. En un caso en que, por ejemplo, encontramos una dificultad que inicialmente no sabemos cómo resolver, es natural que nos sintamos *confundidos* y *estresados*. Dewey enfatiza que nos sentimos preocupados y confundidos porque la *situación* es preocupante y confusa. Para él, no se trata de algo que sucede sólo en nuestras mentes, sino que tanto el agente como los otros elementos relevantes, en conjunto, conforman una *situación* que tiene esas características, esa cualidad que describimos como preocupación y confusión. En el proceso de llevar a cabo una indagación vamos transformando la *situación*, y con ella transformamos la cualidad que la caracteriza, hasta el punto en que la situación es tal que ya no produce confusión.

distinciones. Si Duhem estaba pensando en algo similar cuando se hablaba del *bon sens*, tendría sentido decir (como vimos que él señala en 7.3) que consiste en 'sentir intuitivamente la evidencia' o que está guiado por 'razones del corazón' (o *corazonadas*). Segundo, la percepción de la *cualidad* que señala Dewey, y el uso de la misma para trazar distinciones, es acelerado o facilitado por la familiaridad que tiene el agente con el tema en cuestión. Esto último es similar a como Duhem describe al *bon sens*, en tanto que afirma que éste mejora con la práctica.[272] Más aún, Dewey señala que solemos describir nuestra percepción de la cualidad de una *situación* en términos de una *intuición*, lo que de nuevo se asemeja a las descripciones del *bon sens* (como vimos en 7.3). De acuerdo con Dewey:

> La palabra 'intuición' tiene muchos significados. Pero en su uso popular, distinto del filosófico refinado, está cercanamente conectado con la cualidad singular que subyace a todos los detalles del razonamiento explícito. Puede ser relativamente simple y sin articular y, aun así, penetrante; sin expresarse en ideas definidas que conforman razones y justificaciones y, aun así, profundamente acertada…Intuición, en breve, significa el reconocimiento de una cualidad generalizada tal que regula la determinación de distinciones relevantes o de cualquier cosa, ya sea en forma de términos o relaciones, que se convierta en objeto de pensamiento aceptado (Dewey 1931, p.100-101).

Sostengo que se puede entender lo que Duhem intentaba señalar con su concepto de bon sens si lo planteamos en los términos de Dewey; es decir, como un juicio práctico que busca transformar la cualidad generalizada de una situación indeterminada. Un caso en el que se intenta someter una hipótesis de física a test y se obtiene un resultado negativo constituye una instancia de lo que Dewey llama (en su libro *Lógica: La teoría de la investigación*) una *situación indeterminada*. Dewey consideraba que las *situaciones indeterminadas* son las que pueden motivar una indagación por su carácter incompleto o abierto. La idea, a grandes rasgos, es que una *situación indeterminada* es aquella en la que hay algún tipo de dificultad que, posiblemente, se puede resolver mediante una indagación. De acuerdo con Roberto Gronda:

> Aquí está cómo podría verse una definición plausible: una situación está indeterminada cuando los significados de los objetos que conciernen a la agente, en sus comportamientos vitales, son oscuros, confusos o conflictivos; lo que significa que los hábitos de la agente—aquellos hábitos sobre los que yace su comportamiento—no son efectivos en conducir el curso de las actividades que ella está actualmente tratando de concluir exitosamente. Puesto

[272] Esa es la número 6 de la lista de características del *bon sens* de Duhem que vimos en la sección 1.4.

> en otros términos, en una situación indeterminadas algunos de los conceptos que la agente usa en sus transacciones con el ambiente no están sintonizados con sus objetivos: como consecuencia de ello, los objetos carecen de significancia, mientras que los conceptos no tienen significado fijo. (Gronda 2020, p.113)

En una *situación indeterminada* la manera corriente de proceder falla y hace falta establecer qué es lo que se debe hacer, lo que se puede descubrir mediante una indagación. De acuerdo con Dewey, "La situación indeterminada original no solo está «abierta» a investigación, sino que está abierta en el sentido de que sus ingredientes no cuadran entre sí" (Dewey 1938/2022, p.177). Esa *situación* está definida por una *cualidad* que reconocemos porque produce *sentimientos* como los de *confusión* y *conflicto*. Eliminar esas sensaciones desagradables es parte de lo que nos impulsa a iniciar una indagación. "A no ser que una situación esté cualificada de una manera única en su indeterminación misma, lo que hay es una condición de pánico total y la respuesta a ella cobra la forma de una actividad manifiesta ciega y alocada; enunciado desde el lado de lo personal, hemos «perdido la cabeza»" (Dewey 1938/2022, p.178). La indagación busca construir un *juicio práctico* que establece una manera de proceder y, al hacerlo, *transforma la cualidad de la situación*. Una vez establecido el *juicio*, ya no hay motivo por el cual deberíamos sentirnos confundidos y la situación ya no está indeterminada.

El caso para el que Duhem propone el *bon sens* puede ser descrito como el de una *situación indeterminada*;[273] ya que, ante un resultado negativo en un *experimento de testeo* hay varias maneras diferentes en que se puede proceder, pero no hay reglas ni criterios fijos para determinar cuál es más adecuada. Podemos modificar las teorías implícitas en la prueba mientras conservamos la hipótesis original (estrategia tímida) o podemos abandonarla en favor de alguna otra (estrategia audaz). Resolver satisfactoriamente la *situación* que plantea Duhem no consiste sólo en explicar el resultado negativo, puesto que puede haber varias maneras de hacerlo; tanto la estrategia tímida como la audaz pueden lograr esto; pero ello no hace que ambas estrategias sean igualmente satisfactorias. Una solución podría ser menos satisfactoria si, por ejemplo, nos obliga a modificar demasiados aspectos de las teorías aceptadas. Determinar cuál intento de solución es más adecuado requiere un *juicio* sobre la

[273] La literatura reciente en filosofía de la ciencia llama *subdeterminación* a la situación en que se encuentra Duhem. *Subdeterminación* es el concepto de Quine, pero es interesante considerar que autores como Duhem y Dewey (y podríamos agregar a otros de la época) preferían el término *indeterminación*.

situación en conjunto, de manera *holista.*[274] El *juicio respecto de cuál solución es más satisfactoria (al corregir las teorías frente a resultados recalcitrantes) debe considerar, también, algún aspecto o característica de la situación en conjunto.*[275]

De acuerdo con Dewey, lo que subyace a *toda* una situación es la *cualidad* que la distingue. Roberto Gronda enfatiza este aspecto de la *cualidad* que describe Dewey (a las que éste se llegó a referir como '*cualidades terciarias*'). "Primero, las cualidades terciarias son propiedades *holísticas*, esto es, propiedades que se esparcen sobre los objetos de la situación que es su propia portadora" (Gronda 2020, p.116, énfasis añadido). Percibir la *cualidad* de una *situación* de indagación en que, por ejemplo, encontramos un resultado negativo en un *experimento de testeo*, nos indica qué relaciones son relevantes al juzgar cómo proceder. Considero que, como la *cualidad* de la *situación* que enfatiza Dewey es algo generalizado, algo que pertenece a la situación en conjunto (de manera *holista*), ésta puede entenderse como un *signo* de qué es lo que resulta inadecuado; más aún, puede ser un *signo* de que una respuesta particular al *experimento de testeo* negativo (como modificar teorías auxiliares implícitas) es adecuada o no. De manera que *podemos juzgar las posibles soluciones reconociendo cómo sus consecuencias transforman cualitativamente la situación inicial*. "Es esa cualidad singular la que no solo provoca la investigación concreta que se emprende, sino que ejerce control sobre sus procedimientos especiales. De no ser así, en una investigación cualquier procedimiento tendría las mismas probabilidades de darse y de ser eficaz que cualquier otro" (Dewey 1938/2022, p.178). Es la cualidad de la situación lo que, para Dewey, indica qué procedimiento es más adecuado. Para Dewey, *lo que el investigador siente controla el proceso de indagación* y nunca deja de tener relevancia.[276]

---

[274] Como hemos visto, los autores de la época de Dewey (revisados en los capítulos 2, 3, y 4) buscaban, al igual que Duhem, criterios o juicios para corregir dificultades en la física de la época. Esas dificultades requerían correcciones en *conjunto*. En el capítulo 2, en especial, vimos que las dificultades con conceptos como el de 'fuerza' eran resultado, en parte, de que se usaban diferente en distintos contextos.

[275] La manera *holista* que tiene Dewey de concebir la situación no se limita a las teorías y los instrumentos de laboratorio, sino que incluye al agente, sus actos e incluso el mismo juicio que uno hace de la situación. Es decir, el juicio que el agente construye es, en sí mismo, parte de la *situación*. Debido a ello, Dewey considera que *la construcción del juicio transforma a la situación* puesto que constituye una parte de la misma que previamente faltaba. De acuerdo con Roberto Frega: "El entendimiento holista de la situación como un todo complejo que incluye al agente y sus actos pone el escenario para el rechazo a una concepción puramente representativa del juicio en favor de una concepción transformativa del juicio como siendo parte de la situación que se supone resuelve" (Frega 2011, p.593).

[276] Como señala Pappas "Uno podría estar de acuerdo en que lo cualitativo (como una situación que se siente) es el fondo y punto de inicio de todo pensamiento, pero también afirmar que, una vez que el discurso inicia, su desarrollo o regulación es independiente de la dimensión sentimental de la experiencia…Esta no es la opinión de Dewey…lo cualitativo opera regulando y controlando el proceso de indagación" (Pappas 2016, p.452).

Una solución satisfactoria transforma la cualidad que subyace a la situación inicial hasta el punto en que ésta ya no produce las sensaciones de confusión y conflicto que primero iniciaron la indagación.[277] No necesariamente dos soluciones que eviten el resultado negativo en el *experimento de testeo* serán igualmente exitosas en transformar la *cualidad* de la *situación*. Aquella solución que cambia la *cualidad* de la *situación* de manera que elimina las sensaciones de conflicto adquiere un *valor* que no poseen las alternativas. Es decir, una solución (o estrategia en el caso de Duhem) puede reconocerse como más adecuada por la manera en que cambia la cualidad de la situación *y las sensaciones (o sentimientos) que acompañan dicho cambio*. La eliminación de los sentimientos o sensaciones de conflicto, por ejemplo, marcan a una solución tentativa como más adecuada y esto justifica elegir tal solución.[278] De acuerdo con Roberto Gronda:

> Debe quedar claro que, gracias a la idea de cualidad terciaria, el regreso de la justificación puede bloquearse fácilmente. Sin embargo, en el marco orientado a la práctica de Dewey, el regreso de la justificación no se bloquea al descubrir una regla que pueda seguirse sin depender de otra regla más fundamental; más bien, se bloquea al reconocer que el agente siente que está haciendo el movimiento correcto en el momento correcto y con el propósito correcto. El agente siente que su acción es normativamente adecuada y no necesita ninguna justificación aparte de ese sentimiento de adecuación. Ha llegado al lecho de roca y deja de buscar. (Gronda 2020, p.120)

Si entendemos al *bon sens* como la versión de Duhem de un *juicio práctico* que hacemos respecto de qué solución es más satisfactoria para resolver una *situación indeterminada* (eliminando las sensaciones y sentimientos negativos que la definen), quedan claros muchos de sus aspectos. En particular, queda claro por qué Duhem lo asocia con la '*mente intuitiva*' y no con la '*mente geométrica*'. Dado que se trata de un juicio basado en sentimientos y sensaciones, no puede describirse como del ámbito de la lógica pura (deductiva), que Duhem llama '*mente geométrica*'. Se trata de un *juicio* basado en *algo que se siente* (la cualidad de la situación) más que en algo que se deduce y, por ello, Duhem lo describe como del ámbito

[277] Roberto Frega (2011) enfatiza el carácter transformador que, de acuerdo con Dewey, el juicio tiene para la situación en la que se construye.

[278] Para Dewey, la investigación termina con una experiencia que puede llamarse *estética*. Dicho fin puede parecer similar al 'cierre' de los teóricos de la *Gestalt*. Pero, de nuevo, D. Bob Gowin señala que la concepción de Dewey es diferente: "Los 'cierres' de los psicólogos de la gestalt y de campo pueden denominarse la misma cosa que los 'fines naturales' de Dewey en la experiencia. Pero Dewey insiste en que la marca de la inteligencia es la reconstrucción cognitiva de estos cierres en *conclusiones*. Las conclusiones son fines que se buscan, y se planean, por la inteligencia. La diferencia, de nuevo, parece ser la diferencia entre la experiencia que inmediatamente 'se tiene' y la experiencia cognitiva o conocida" (Gowin 1959, p.209, itálicas en el original).

de la '*mente intuitiva*'. Dicho ámbito constituye un tipo de normatividad análogo al que Dewey describe como *pensamiento cualitativo*. Como señala Roberto Gronda:

> …el tipo de normatividad que proporcionan las cualidades terciarias se siente más que se capta como un objeto de discurso…La cualidad específica que constituye una situación no puede, en principio, *expresarse* en un discurso que tiene como tema los objetos de esa situación, y como fin-a-la-vista su reconstrucción. Una cualidad terciaria ejerce su función normativa desde el exterior, por así decirlo: el investigador 'siente'—pero Dewey advierte que no se debe leer esta noción de manera psicológica—que sus operaciones están internamente relacionadas y que todas son apropiadas como medios para alcanzar el fin. (Gronda 2020, p.119, cursivas en el original)

En pocas palabras, a la cuestión:

> *C3: ¿En qué consiste el sentimiento o intuición que permite a un físico hacer un juicio (como el de bon sens) para resolver un caso de testeo de hipótesis?*

Dewey respondería que:

> *R3: En reconocer la cualidad generalizada de una situación de indagación (mediante los sentimientos de conflicto que produce) y la manera en que ésta puede ser transformada por las soluciones tentativas, lo que permite escoger aquella que resulta más satisfactoria (la que elimina esos sentimientos de conflicto).*

Entender al *bon sens* de Duhem como un intento de formular algo similar al *juicio práctico* de Dewey esclarece por qué es característico de la *experiencia cotidiana*; ya que rara vez tomamos decisiones en nuestro día a día elaborando argumentos deductivos matemáticos, más bien nos guiamos con *cualidades*. Generalmente, decidimos entre alternativas mediante *juicios* que hacemos confiando en las sensaciones y sentimientos que las opciones nos producen. Además, queda claro por qué Duhem enfatiza virtudes de los agentes al hablar de *bon sens*. Nuestro carácter indudablemente influye en el peso que damos a dichas sensaciones y sentimientos, así como lo receptivos que somos. Para ello, también es importante nuestra experiencia previa en el ámbito con el que tratamos. En física, sin embargo, gran parte del razonamiento se lleva a cabo con base en las reglas rígidas del *razonamiento matemático*, lo que facilita algunos procesos (como el de rastrear las consecuencias de las proposiciones), pero puede no ser suficiente en todos los casos (como al encontrar un resultado negativo en un experimento de testeo). Entonces recurrimos al tipo de *juicio* que es el *bon sens*.

Aunque pueda parecer que el *juicio práctico* (que busca transformar la cualidad de una situación originalmente indeterminada) es subjetivo, en realidad no lo es; "La conclusión no es que el valor es subjetivo, sino que es práctico" (Dewey 1916, p.364). En un caso en el que, por ejemplo, el *juicio* que hacemos nos lleva a una situación que aún produce las mismas sensaciones iniciales de duda y confusión tendríamos que concluir que el *juicio* fue equivocado. Esto es independiente de nuestras preferencias (o de consideraciones meramente subjetivas) puesto que, de acuerdo con Dewey, las sensaciones y sentimientos los produce la *cualidad de la situación*, no nosotros o nuestra mente. Como señala Matthew J. Brown en su estudio sobre la lógica de la ciencia de Dewey:

> A pesar de que las situaciones son relativas al agente y a la práctica, son aspectos objetivos de las interacciones agente-entorno. Las situaciones no son entidades subjetivas/mentales; son elementos concretos del mundo natural. Los agentes perciben no sólo los constituyentes de sus situaciones, sino también el 'carácter cualitativo omnipresente' de la situación, una percepción (o sentimiento) cualitativo del carácter de las transacciones objetivas entre el agente y el entorno. La existencia de una situación que tiene un carácter determinado no está constituida por la conciencia de ella por parte del agente; De hecho, es posible que los agentes no se den cuenta en ocasiones del tipo de situación en la que se encuentran. (Brown 2012, p.274)

Dewey rechaza los intentos de dar cuenta de la investigación empírica mediante un dualismo tajante entre lo mental (interno) y lo material (externo). "El hábito de despachar lo dudoso como si nos perteneciera solo a *nosotros*, y no a la situación real en la que estamos atrapados e involucrados, es una herencia de la psicología subjetivista" (Dewey 1938/2022, p.178, itálicas en el original). Se puede sostener que el *juicio práctico* de Dewey es objetivo si concedemos la idea de que *es la situación* (en conjunto) la que genera las sensaciones y sentimientos con los que hacemos dicho *juicio*.[279] De hecho, Duhem (2003, p.287) afirma algo muy similar a lo que dice Dewey a este respecto cuando señala que, aunque el *bon sens* es algo que un individuo puede ejercer mejor que otro, la comunidad eventualmente termina por aceptar el *juicio* de *bon sens*.

[279] Evidentemente hay un sentido trivial en el que puede decirse que las sensaciones que produce la situación están en la mente del agente. Se trata básicamente del mismo sentido en que podemos decir que un color está sólo en la mente de quien observa. Podemos decir que el color rojo de una pelota sólo existe en nuestra cabeza porque, en realidad, lo que hay son ondas electromagnéticas que nuestro sistema sensorial interpreta como rojo. Aun así, sería extraño concluir que, dado que los colores no están en las cosas, sino sólo de nuestro sistema sensorial, todo *juicio* que hagamos al percibir un color es meramente subjetivo. Del mismo modo, que sea necesario un agente para que existan los sentimientos y sensaciones que señala Dewey no es suficiente para concluir que son subjetivos.

Podemos subrayar la objetividad del *bon sens* si reconocemos que, aunque inicia como el *juicio* de un individuo, la comunidad científica eventualmente concuerda. El acuerdo se explica, a su vez, si aceptamos que las sensaciones y sentimientos que produce la *cualidad de la situación no dependen de un individuo* particular.[280] "Es la *situación* la que tiene esos rasgos; *nosotros* estamos dudosos porque la situación es inherentemente dudosa" (Dewey 1938/2022, p.178, itálicas en el original).[281] Un individuo puede ser más receptivo que otro y reconocer así (antes que otros) cómo una solución particular cambia las sensaciones y sentimientos producidos por la *cualidad* de una *situación*. Pero debido a que es la *situación* la que cambia con la solución (y no sólo los estados mentales de un individuo) la comunidad termina por reconocer lo satisfactorio de la misma (se acepta el juicio del *bon sens*). Llegará el punto en que sólo los individuos más tercos o *deshonestos* se nieguen a reconocer que la dificultad fue resuelta satisfactoriamente. Más aún, y de acuerdo con Matthew J. Brown, Dewey describe su concepto de *situación* sugiriendo que ésta puede incluir a todos los miembros de la comunidad. Brown señala que, en el caso de una bióloga que lleva a cabo un experimento, además de instrumentos y otros elementos:

> La situación incluye a los otros miembros del laboratorio que colaboran en este experimento, los artículos publicados (y sus autores) cuyo conflicto o elementos faltantes son el estímulo inmediato de perplejidad que condujo al experimento, así como otros que proporcionan el conocimiento previo necesario para llevar a cabo el experimento y darle sentido. La situación incluye en su horizonte una serie de acontecimientos y objetos que formaron el largo camino

[280] De esta forma, recuperamos el carácter social del *bon sens* de una manera más natural que la que proponen Ivanova y Paternotte (2013) o Jamie Shaw (2020). Los primeros reconocen que sólo pueden explicar cómo el *bon sens* genera consenso social alejándose de la concepción de Duhem. Por su parte Shaw explica que el *bon sens* genere consenso social porque se basa en el conocimiento de la historia de la ciencia. De acuerdo con él, dicho conocimiento, de alguna manera, permite que eventualmente distintos investigadores lleguen a la misma conclusión. Concuerdo con Shaw respecto de que Duhem consideraba que el *bon sens* se forma con el conocimiento de la historia de la ciencia. Sin embargo, nunca queda claro en la explicación de Shaw exactamente por qué deberíamos esperar que el conocimiento de la historia de la ciencia genere consenso en los físicos cuando encuentran nuevas controversias. Esto se puede resolver si asumimos que la historia de la ciencia es una de las maneras en que Duhem esperaba que podemos formar nuestra capacidad para detectar y reconocer la cualidad de las situaciones de investigación. La sensibilidad a la cualidad de la situación y sus cambios es algo que otros científicos pueden reconocer eventualmente, lo que explica el consenso.

[281] Roberto Gronda interpreta este énfasis de Dewey como parte de una forma de *externalismo semántico*. "Es la cualidad dudosa y objetiva de la situación la que hace posible que el agente se encuentre en un estado de duda. Este es un argumento semántico: es la situación la que fija el contenido semántico de nuestras creencias. Si un estado de duda estuviera completamente desconectado de las características existenciales de la situación, contaría como un estado psicológico de angustia más que como un estado epistémico de retirada de la creencia, y su contenido no estaría en sintonía con las condiciones ambientales a las que pretende referirse" (Gronda 2020, p.115).

> de entrenamiento y educación que preparó a nuestra bióloga para esta línea de trabajo, y así sucesivamente (Brown 2012, p.272).

Incluso las virtudes morales de los agentes son factores relevantes en la indagación. Como enfatiza la literatura reciente sobre el *bon sens* de Duhem, para él la *honestidad* es una virtud clave. La misma virtud la ha resaltado la literatura que analiza el *pensamiento cualitativo* de Dewey, como podemos apreciar en el caso de Pappas: "En la indagación, la búsqueda de las razones que fundamentan nuestra impresión o intuición general debe ser un examen *sincero* de cómo se relacionan las características relevantes que componen una situación, y puede conducir a afirmaciones o proposiciones que deben comprobarse." (Pappas 2016, p.456, énfasis añadido). La honestidad puede ser relevante, por ejemplo, porque no hay una manera de determinar si alguien ha percibido una cierta *cualidad* más allá del testimonio de la misma.

En pocas palabras, a la cuestión:

> *C4: ¿Cómo es que un juicio (como el bon sens) puede consistir tanto en hacer suposiciones como en una valoración sin criterios fijos y, además, un sentimiento o intuición?*

Dewey respondería que:

> *R4: Un juicio puede consistir en esos elementos cuando es situado (responde a una situación particular) y se evitan distinciones tradicionales nocivas (como entre factores mentales internos y factores externos o entre consideraciones cognitivas y consideraciones afectivas). El juicio que requiere un caso, como el testeo experimental de hipótesis, se hace con base en sugerencias que establecen posibles relaciones entre medios y fines; dichos fines pueden transformar la cualidad generalizada de una situación de manera satisfactoria, por lo que los medios para alcanzarlos adquieren valor. La cualidad en cuestión la reconocemos por sentimientos que produce y que comúnmente se describe como un tipo de intuición*.

Podría objetarse que intentar explicar la intención del *bon sens* de Duhem a partir del *juicio práctico* de Dewey sólo cambia un concepto oscuro por otro. Sin embargo, Dewey elabora con más detalle su concepto de *juicio práctico* y la manera en que éste puede ser guiado por la *cualidad* de una *situación*. En contraste, Duhem parece considerar que el concepto de *bon sens* es inanalizable. Como consecuencia, intentar analizar el concepto de *bon sens* de Duhem siempre deja aspectos oscuros o inconexos; hay comentarios dispersos cuyo sentido y unidad nunca quedan del todo claros. Considero que, en contraste, el j*uicio*

práctico de Dewey está suficientemente elaborado como para apreciar la coherencia de sus características y funciones. Es decir, Dewey muestra clara y coherentemente cómo un juicio puede tener las características y funciones en la investigación que Duhem atribuye al *bon sens*.[282]

En resumen, este contraste entre Dewey y Duhem muestra que hay maneras de dar sentido a los diversos comentarios del último sobre el concepto de *bon sens*. Duhem intenta señalar un tipo de *juicio* que involucra hacer suposiciones y valoraciones para elegir entre estrategias frente a *experimentos de testeo* y que, además, describe en términos de *sentimientos* o *intuiciones*. Dicho juicio está relacionado con un tipo de razonamiento de la *experiencia cotidiana* por lo que lo llama *bon sens*. La diversidad de características y funciones que Duhem atribuye al *bon sens*, así como su lenguaje ambiguo, podrían hacernos pensar que él simplemente no tiene una solución para las dificultades que identificó en el *testeo de hipótesis*. Sin embargo, el concepto de *bon sens* de Duhem no sólo es consistente con los tipos de *juicio* que otros físicos de la época intentaron caracterizar, sino que es consistente con los estudios de lógica de inicios del siglo XX. La concepción de *lógica de la investigación* de John Dewey, en particular, concibe al *juicio práctico* de tal manera que puede cumplir las funciones (y presentar las características) que Duhem atribuye al *bon sens*. Esta lógica de Dewey analiza la dimensión normativa del pensamiento sin limitarse al análisis de las *inferencias deductivas* e *inductivas*. De acuerdo con Dewey, el pensamiento opera a partir de las *cualidades* que reconocemos en las situaciones que encontramos en la *experiencia cotidiana*. Aún en la física, a pesar de que los conceptos utilizados son mayormente cuantitativos, las situaciones de investigación aún son definidas por sus *cualidades* distintivas. Esas *cualidades* son aspectos de las *situaciones* de investigación en

[282] Dewey puede hacer esto porque reconoce aspectos del análisis lógico de situaciones del *testeo de hipótesis* que Duhem pasa por alto. Algunos de estos aspectos los resalta Godfrey Guillaumin (2023). Duhem, por ejemplo, tiene más dificultad para esclarecer sus descripciones por "haber excluido la fuerza cognitiva y normativa del contexto situacional para la elaboración de juicios" (Guillaumin 2023, p.539). Es decir, a Duhem le faltó elaborar una concepción del contexto relevante de investigación y cómo éste influye el proceso de formar juicios. Esto lo hace Dewey con su concepto de *situación*. Ese concepto le permite a Dewey analizar la investigación en términos de cómo los distintos elementos y subprocesos que la componen se relacionan entre sí y, más importante, cómo cambian esas relaciones. Sin el concepto de *situación* o una manera de analizar la dinámica entre los elementos y subprocesos que conforman la investigación, todo parece igualmente importante o susceptible de ser corregido; lo cual da lugar a la perplejidad que el *holismo* de Duhem parece implicar. El propio Duhem reconoció que esa no puede ser toda la historia, pero le faltó hacer claro que "...no experimentamos las situaciones particulares de investigación en términos de la totalidad de red de concepto, sino que nuestra interpretación y articulación de ella indica, con grados diferentes de claridad, cuáles aspectos de la red de conceptos son relevantes, para qué y cómo, así como cuáles no" (Guillaumin 2023, p.546).

su conjunto, no de sus componentes individuales; es decir, las experimentamos de manera *holista*. Ante una *situación* de duda en un *experimento de testeo*, se reconoce una cualidad que genera insatisfacción y que se busca transformar. La transformación se logra con un *juicio práctico*. Ese *juicio* establece una estrategia se reconoce como correcta cuando transforma la *cualidad* de la *situación*, lo que *confiere valor* a los medios que dicha estrategia requirió. Además, esa transformación valida las *suposiciones* hechas respecto de la importancia de los medios empleados. El control que la cualidad ejerce en el *juicio práctico,* y la consecuente transformación de la situación, se *siente* más que se piensa, por lo que se le suele describir como un *sentimiento* o *intuición*. En esta concepción del *juicio práctico* de Dewey podemos las características que Duhem atribuye al *bon sens* y que se requieren para resolver las dificultades lógicas que Duhem reconoce en el *testeo de hipótesis*.

Capítulo 8. El rechazo de Duhem a la relatividad de Einstein

> "A partir de la ley básica (sistema de axiomas) extrae el investigador las conclusiones más completas posibles, aplicando un método meramente lógico y deductivo…Pero no llega a su sistema de ideas por vías metódicas e inductivas, sino que se amolda a los hechos a través de una selección intuitiva…" (Einstein 1919/2005, p.233-234)

Introducción

En los capítulos anteriores hemos visto cómo Duhem entiende la investigación en física y los juicios de *bon sens*. En este capítulo veremos que, sin embargo, hay un aspecto del *bon sens* que no es tan fácil de identificar en los textos de Duhem y sólo emerge al analizar cómo lo usa en relación con un caso concreto: la *relatividad especial* de Albert Einstein. Ese aspecto del *bon sens* consiste en el hecho de que, no sólo se trata de un tipo de *juicio* utilizado en la *experiencia cotidiana*, sino que, también, está restringido por generalizaciones de *sens commun*. Veremos a lo largo de este capítulo en qué consiste esa restricción.

La reacción de Duhem a la *relatividad especial* es particularmente importante para analizar su concepción del *bon sens* porque proporciona una oportunidad de considerar cómo dicha concepción se relaciona con la física de la época. Los años en que Duhem escribió y publicó *La teoría física*, 1905 y 1906, coinciden con el año en que Einstein publicó una serie de artículos entre los que se encontraba el que contiene lo que hoy llamamos *relatividad especial*: "Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento" (1905). Como han notado algunos autores, la historia temprana de la teoría de la *relatividad especial* de Einstein guarda una notable similitud con algunas de las descripciones de Duhem sobre la física. Donald Gillies, por ejemplo, ha señalado que "…desde un punto de vista lógico, la filosofía de la ciencia de Duhem puede ser vista como apoyo anticipado a la revolución einsteniana en la física. Por lo tanto, es una sorpresa descubrir que Duhem rechazó la teoría de la relatividad de Einstein en los términos más violentos" (Gillies, 1993, p.105). Este rechazo de Duhem a la *relatividad especial* de Einstein, como veremos, se basa en el conflicto que parece haber entre algunas concepciones de ésta y la relatividad. Duhem considera que el *juicio* que se hace en física contra ciertas *hipótesis*, el *bon sens*, debe ser guiado por conclusiones de *experiencia cotidiana*. De manera que podemos clarificar el papel de la *experiencia*

cotidiana, al hacer *juicios* de *bon sens* en física, a partir del análisis de dicho rechazo a la relatividad por parte de Duhem.

8.1 Las hipótesis del éter y los experimentos de testeo

Desde la primera mitad del siglo XIX la concepción de que la luz consistía en ondas producidas en un medio imponderable o *éter* había quedado bien establecida en física.[283] Sin embargo, como vimos en el capítulo 2, aun hasta inicios del siglo XX había debates acerca de qué características debían atribuirse al supuesto *éter* en el que se propagaba la luz. Una importante cantidad de concepciones alternativas del *éter* fueron propuestos por investigadores como Augustin Fresnel (1788-1827), Augustin Louis Cauchy (1789-1857), Franz Neumann (1798-1895), George Green (1793-1841), George Stokes (1819-1903), entre otros. No obstante, los experimentos que se llevaron a cabo para corroborar las predicciones de estas propuestas, como los realizados por Armand Hippolyte Louis Fizeau (1819-1896) o Albert Abraham Michelson (1852-1931) y Edward Morley (1838-1923), generaron resultados inconsistentes con ellas.

Por ejemplo, a inicios del siglo XIX, Fresnel había propuesto, inicialmente, entender al *éter* como un medio que llena el espacio, pero que no interactúa con la materia. Esto tendría como consecuencia que el movimiento de rotación de la Tierra, que se supone inmersa en el *éter*, debería causar variaciones en la velocidad de la luz cuando ésta se mueve en esa misma dirección de rotación. El efecto sería muy pequeño debido a la gran diferencia que hay entre la velocidad de la Tierra y la de la luz, pero el físico François Arago (1786-1853) consideraba que era posible detectar tal efecto incluso con los instrumentos de la época. Aunque es dudoso que esto fuera así, en la primera mitad del siglo XIX, Fresnel modificó su concepción para suponer que la Tierra arrastra parcialmente al *éter* con su movimiento. Esto disminuiría el efecto que la rotación de la Tierra tendría en la velocidad de la luz lo suficiente como para que no fuera detectable por los recursos materiales de la época.

Sin embargo, tiempo después, en 1881, Michelson llevó a cabo un experimento para comparar las mediciones de la velocidad de la luz en diferentes direcciones. Para ello, diseñó un dispositivo conocido como interferómetro, el cual fue, en la época, el instrumento de medición más preciso que se hubiera producido. A partir de su uso, Michelson mostró que

[283] Duhem (2003, p.30-31) incluso se refiere a la teoría ondulatoria de la luz como un ejemplo de una teoría que se asemeja a la teoría ideal o clasificación natural.

la discrepancia que las hipótesis de Fresnel predecían en la velocidad de la luz cuando esta se mide en favor y en contra del movimiento de rotación de la Tierra no se presentaban. En ese momento varios físicos, como Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) y Alfred Potier (1840–1905), señalaron posibles fuentes de error en el experimento y motivaron a Michelson a llevar a cabo una repetición del mismo. Con la ayuda de Morley, y un interferómetro mejorado, Michelson repitió su experimento en 1887, pero sólo confirmó sus conclusiones previas.

Otra manera de entender al *éter* lumínico fue la de Stokes. De acuerdo con él, resultaba más adecuado asumir que el *éter* no es transparente a la materia, como había propuesto Fresnel, más bien, el *éter* podía considerarse como un medio que es completamente arrastrado por la Tierra. Es decir, del mismo modo que la Tierra arrastra a los gases de la atmósfera, con su movimiento, Stokes consideraba razonable asumir que el *éter* también es arrastrado de manera que se mueve junto con la Tierra. Esto implicaría que no habría ningún cambio en la velocidad de la luz causado por la dirección de su movimiento. No obstante, esta propuesta de Stokes también estaba en conflicto con otros resultados experimentales. A mediados del siglo XIX, Fizeau había llevado a cabo un experimento para determinar si la velocidad de la luz era afectada cuando esta pasaba a través de agua en movimiento. La conclusión de Fizeau fue que el agua no transmite todo su movimiento a la luz, sino sólo una pequeña parte, lo que parecía consistente con las hipótesis de Fresnel, pero no con las de Stokes. Posteriormente, Michelson utilizó su interferómetro, en 1886, para repetir el experimento de Fizeau, con lo que confirmó sus resultados.

Este desarrollo puede ser entendido en los términos de Duhem que hemos visto en los capítulos anteriores. Tenemos hipótesis sobre el *éter* lumínico, como las de Fresnel o las de Stokes, de las cuales podemos deducir consecuencias que comparamos con resultados experimentales, como los de Fizeau o los de Michelson y Morley. Sin embargo, la contradicción entre dichas predicciones y los resultados experimentales no llevó al abandono del *éter*, al menos, no inmediatamente. *Tal como señala Duhem, los resultados experimentales muestran que hay un error, pero no dónde*. Los físicos de finales del siglo XIX, en general, asumieron que el error se debía a supuestos erróneos sobre las características del *éter* y no debido a la misma hipótesis del *éter*.[284] Aun después de los

[284] Como señala Stanford (2006, p.174-175), los debates sobre el *éter* durante el siglo XIX no eran sobre su existencia, sino sobre sus características.

resultados experimentales de Michelson y Morley, hubo varias teorías que conservaban la hipótesis del *éter*, de las cuales la más exitosa fue la del físico Hendrik Lorentz.

En 1892, Lorentz se propuso resolver las dificultades que enfrentaba la *hipótesis del éter* mediante una teoría electrodinámica, ya que, para entonces se aceptaba que la luz era una onda electromagnética. J. C. Maxwell había llegado a esa conclusión en sus estudios de los fenómenos electromagnéticos y Hertz (como vimos en la sección 2.5) la había corroborado. De manera que se pensaba que el *éter* podía entenderse como el medio que transmite las interacciones electromagnéticas y, por lo tanto, a la luz. Sin embargo, la unificación de la óptica con el electromagnetismo no resolvió las dificultades que los físicos habían encontrado con la hipótesis del *éter*. Posiblemente la situación era peor en tanto que la teoría electromagnética de Maxwell no parecía coherente con las ecuaciones que tradicionalmente se usaban en física para pasar descripciones de fenómenos de un marco de referencia a otro.

Lorentz encontró una solución para conservar la hipótesis del *éter* asumiendo que éste no interactuaba con la materia, aunque sí transmitía las interacciones eléctricas y magnéticas. Lorentz asumió que la única interacción del *éter* con la materia se daba sólo a través de partículas con carga eléctrica presentes en todos los cuerpos materiales (a las que posteriormente se les llamó *electrones*). Al cabo de varios años, y algunas reformulaciones, Lorentz obtuvo una teoría con una sofisticada estructura matemática que permitía derivar las predicciones correctas para los experimentos en óptica y electromagnetismo llevados a cabo hasta inicios del siglo XX.[285] También Poincaré (1906/2007) contribuyó a este trabajo de Lorentz aportando críticas y su propia formulación de la teoría.

8.2 La relatividad especial de Albert Einstein

En 1905, Albert Einstein publicó un artículo titulado “Sobre la Electrodinámica de Cuerpos en Movimiento”, que contiene el origen de la teoría que hoy llamamos *relatividad especial*. El artículo está motivado por las preocupaciones de Einstein con la teoría de Maxwell; principalmente sobre cómo usar las ecuaciones de Maxwell al pasar de un marco de referencia inercial a otro. Un marco de referencia consiste en un sistema de coordenadas cuya posición y orientación se escogen convenientemente por convención al estudiar un fenómeno físico. Si el sistema de referencia es inercial, es decir, se encuentra en reposo o con movimiento a velocidad constante, las leyes de la física no se alteran por la elección de

[285] Una descripción más detallada de la teoría de Lorentz se encuentra en Janssen (1995) o en Acuña (2014).

uno u otro marco de referencia. En la física clásica se podía pasar una descripción matemática de un fenómeno elaborada en un marco de referencia inercial a otro marco inercial distinto utilizando las, así llamadas, *transformaciones galileanas*. Dichas transformaciones indican cómo cambiar cada coordenada, al pasar de un marco de referencia inercial a otro, de manera que las leyes del movimiento queden sin ser alteradas. Esto es lo que se espera, ya que la elección de un marco de referencia particular, al ser convencional, no debería afectar la descripción de las leyes de la física. Sin embargo, a finales del siglo XIX era claro que las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético no son invariantes bajo esas transformaciones; es decir, alteran las relaciones que las ecuaciones establecen, lo que no debía ocurrir.

Además, en el artículo de 1905, Einstein se refiere a los experimentos fallidos para estudiar el *éter*, pero sacó una conclusión diferente a la de Lorentz.[286] Einstein concluyó que la hipótesis del *éter* era superflua y que podía resolver las dificultades teóricas con las predicciones experimentales de una manera diferente.

> Pasé casi un año en vano tratando de modificar la idea de Lorentz con la esperanza de resolver este problema...Mi solución, de hecho, tuvo que ver con el concepto de tiempo. El punto es que el tiempo no puede ser definido de manera absoluta, sino que hay una conexión inseparable entre el tiempo y la velocidad de una señal. Usando esta idea, pude, ahora por primera vez, resolver completamente la dificultad extraordinaria que había tenido antes. (Einstein 1927/2012, p. 637)

Lo que hizo Einstein fue eliminar la hipótesis del *éter* y proponer dos principios que implicaban redefinir los conceptos de espacio y tiempo. Estos principios fueron el *principio de relatividad* y el *principio de luz*. El *principio de relatividad* afirma que *las leyes de la física no hacen distinción entre sistemas de referencia inerciales*. Un objeto puede estar en movimiento con respecto a otro del cual se aleja o en reposo con respecto a uno que se mueve en la misma dirección y velocidad. Sin embargo, hasta inicios del siglo XX, se consideraba

---

[286] Gerald Holton (1969) cuestiona que los experimentos de Michelson y Morley hayan motivado la investigación de Einstein que llevó a la *relatividad especial*. Sin embargo, en su artículo de 1905, Einstein sí menciona explícitamente que había experimentos en óptica en conflicto con la idea de un marco de referencia absoluto definido por el *éter*. Norton (2004) argumenta que Einstein posiblemente tenía en mente a los *experimentos de Fizeau*, así como a las observaciones de un fenómeno conocido como *aberración estelar*. El propio Einstein parece haber afirmado esto en sus conversaciones con R. S. Shankland, las cuales tuvieron lugar en cinco entrevistas entre 1950 y 1954. Shankland reporta que Einstein "continuó diciendo que los resultados experimentales que más lo habían influenciado fueron las observaciones de la aberración estelar y las mediciones de Fizeau sobre la velocidad de la luz en agua en movimiento. 'Fueron suficientes' dijo." (Shankland 1963, p.48).
En cualquier caso, el punto es que Einstein reconocía conflictos entre las consecuencias de la hipótesis del *éter* y los experimentos en óptica de manera consistente con el tipo de situación que describe Duhem.

que, en principio, era posible establecer si un objeto estaba quieto o en movimiento de manera absoluta considerando al *éter* como una referencia absoluta. Einstein, al rechazar al *éter*, rechazaba también que hubiera tal cosa como un movimiento absoluto.

Por su parte, el segundo principio, el de luz, afirmaba que *la velocidad de la luz es independiente de la velocidad de la fuente de emisión*. Posiblemente, éste segundo principio se debía a que los experimentos diseñados para detectar al *éter* a partir de medir variaciones en la velocidad de la luz habían fallado. El artículo de Einstein comienza con el ejemplo de un fenómeno electromagnético para el cual, las teorías de la época generaban dos explicaciones en conflicto. "Ejemplos de este tipo, junto con los infructuosos intentos de detectar un movimiento de la Tierra con relación al medio lumínico, llevan a la conjetura de que ni los fenómenos de la mecánica, ni tampoco los de la electrodinámica tienen propiedades que corresponden al concepto de reposo absoluto" (Einstein 1905/2005, p.399-400). Estos fallos al intentar medir variaciones en la velocidad de la luz, no sólo habían mostrado que había errores teóricos, sino que, al hacerlo, también habían mostrado que la velocidad de la luz era particularmente *estable*.[287] Además, el desarrollo de la tecnología electromagnética también atestiguó esa *estabilidad*, como ya han señalado los historiadores de la ciencia: "Mientras que las redes de comunicación se incrementaron alrededor del mundo (tanto por líneas telegráficas como inalámbricas), los científicos comenzaron a estar seguros de una cosa: el comportamiento de la luz sobre la superficie terrestre" (Canales 2015, p.109). De hecho, la diversidad de métodos disponibles para medir la velocidad de la luz, hacia finales del siglo XIX, hacía que ésta fuera reconocida como una *medición* notablemente *robusta* en la época. La *robustez en la medición de la velocidad de la luz* era tan clara, que Peirce la utilizó como ejemplo para explicar su noción de qué es la realidad:

> Un hombre puede investigar la velocidad de la luz al estudiar los tránsitos de Venus y la aberración estelar de las estrellas; otro por las oposiciones de Marte y los eclipses de los satélites de Júpiter; un tercero mediante el método de Fizeau; un cuarto por el de Foucault... Al principio puede que obtengan resultados distintos, pero conforme cada uno vaya perfeccionando su método y sus procedimientos, los resultados convergerán constantemente hacia un centro destinado...La opinión destinada a ser aquella con la que todos los que

[287] En *La Ciencia Alemana*, Duhem enfatiza que el investigador debe prestar atención a lo que cada fallo *sugiere* al intentar probar una hipótesis. "Aquí es necesario… prestar atención a lo que cada observación que ha condenado la idea inicial sugiere, y sintetizar todas estas lecciones para el propósito de fabricar un pensamiento nuevo que pasará una vez más bajo el escrutinio de los resultados actuales. ¡Qué tarea tan delicada, en la cual ninguna regla puede guiar a la mente! ¡Es un asunto de perspicacia e ingenio! Verdaderamente, para llevarla a cabo bien, es necesario que el buen sentido [*bon sens*] se trascienda a sí mismo, esto es, que empuje su fuerza y su finura hasta sus límites" (Duhem 1991, p.24).

> investigan estarán de acuerdo finalmente es lo que entendemos por verdad, y el objeto representado en esta opinión es lo real. Así explicaría yo la realidad. (Peirce 1878, pp. 299–300)

No es de extrañar que, en este contexto, Einstein considerara que la constancia de la velocidad de la luz era un punto de partida estable. El *principio de luz* de Einstein incorpora esa robustez en su investigación.

Sin embargo, el *principio de relatividad* y *el de luz* parecían implicar una contradicción. De acuerdo con el primero, no hay movimiento absoluto, toda velocidad se mide con respecto a algo, pero el segundo principio parece implicar que la velocidad de la luz puede ser la misma sin importar el movimiento de la fuente de emisión. Esta es la dificultad que Einstein resolvió con su análisis del *concepto de tiempo*.

Al inicio del artículo de 1905 sobre la relatividad, hay una breve, pero importante, discusión de Einstein sobre cómo la manera en que típicamente entendemos el concepto de *simultaneidad* (y, por consiguiente, los de *espacio* y *tiempo*) está relacionada con la información que obtenemos de nuestras *sensaciones*. Esta discusión estaba inspirada en reflexiones filosóficas sobre la relación entre los *conceptos* y las *sensaciones*. En sus *Notas Autobiográficas*, Einstein señaló que "En mi caso, el pensamiento crítico que hacía falta para descubrir este punto central lo fomentó especial y decisivamente la lectura de los escritos filosóficos de David Hume y Ernst Mach." (Einstein, 1949/2003:57). De acuerdo con Norton (2010), aunque Hume y Mach analizan muchos aspectos del espacio y el tiempo, lo que Einstein tomó de estos filósofos fue la idea de que formulamos conceptos de una manera u otra dependiendo de las *sensaciones* que tenemos de aquello que éstos designan. Por ejemplo, para Hume, el *concepto de tiempo* resulta de nuestra experiencia con el *cambio*, de manera que dicho concepto no es aplicable a cosas que no cambian. Einstein no toma propiamente esta concepción del tiempo, pero sí la idea de que el concepto que tenemos del tiempo depende de nuestras *experiencias sensoriales* y que podría operar diferente en otros ámbitos.

En la lectura de Norton (2010), Einstein considera que, debido a la relación que hay entre *conceptos* y *sensaciones*, no podemos asumir que nuestras concepciones representan adecuadamente la realidad cuando tratamos con dominios que están más allá de nuestra experiencia sensible. En nuestra *experiencia cotidiana*, o de *sens commun*, no detectamos movimientos tan rápidos como el de la luz, pero al tratar con fenómenos en los que tal velocidad es importante, asumimos que los conceptos, como el de tiempo, se pueden utilizar

de la misma manera. Einstein consideraba que este tipo de supuestos los usamos de manera *a priori* y sin justificación.[288] La misma conclusión se puede obtener respecto del concepto de *simultaneidad*, ya que, para Einstein "todos nuestros juicios que implican al tiempo son siempre juicios sobre *sucesos simultáneos*" (Einstein 1905/2005, p.401, itálicas en el original). De manera que él también identificaba presuposiciones *a priori* en el concepto de simultaneidad.

> Einstein, sin embargo, estaba dispuesto a retener el concepto [de simultaneidad] siempre que su carácter arbitrario fuera reconocido y de una manera que ya no permitiera la introducción involuntaria de presuposiciones a priori. En el caso de simultaneidad distante, Einstein logró esto introduciendo la simultaneidad distante a través de una definición—una estipulación libremente escogida—cuidadosamente diseñada para minimizar el peligro de introducir presuposiciones físicas falsas. (Norton 2010, p.371)

La redefinición de conceptos que estipula Einstein asume los *principios de relatividad* y de *luz*. Dichos principios llevan a la redefinición de la simultaneidad de eventos porque sustentan el uso de operaciones físicas de coordinación de relojes distantes. Dicha coordinación se logra considerando el intercambio de señales lumínicas cuya velocidad se asume constante, de acuerdo con el *principio de luz*, independientemente de la velocidad de los observadores cuyos relojes se coordinan. La descripción matemática de este proceso de coordinación, junto con el *principio de relatividad*, permiten deducir ecuaciones para comparar la longitud de objetos y la medición de intervalos de tiempo en diferentes marcos de referencia. Al usar tales ecuaciones se concluye que la longitud de los objetos y la duración de eventos puede cambiar de un sistema de referencia a otro. Es decir, *el espacio y el tiempo dejan de ser absolutos y pasan a ser relativos a los marcos de referencia*. En otras palabras, Einstein propone un proceso de coordinación de relojes, a través del cual puede deducir ecuaciones que implican una nueva manera de entender al espacio y al tiempo. Con estos conceptos redefinidos así, Einstein podía resolver las dificultades que él había identificado en la electrodinámica y la óptica de su época, pero sin la necesidad de recurrir al *éter*.

[288] Nótese que, a diferencia de Duhem, Einstein no da por certeras las generalizaciones implícitas en los conceptos de *sens commun*.

8.3 Coincidencias entre Duhem y Einstein

A pesar de que es poco probable que Duhem conociera la relatividad al escribir *La teoría física* (aunque definitivamente sabía de ella al escribir *La Ciencia Alemana*), es interesante notar lo mucho que sus descripciones de la física son consistentes con lo que hace Einstein. Para empezar, hemos visto que varios físicos sostenían la hipótesis de que había un *éter* lumínico que explicaba los fenómenos ópticos y electromagnéticos. Sin embargo, algunos resultados experimentales, como los de Michelson y Morley (1838-1923), estaban en conflicto con esta hipótesis. "Cuando la experiencia contradice algunas consecuencias de una teoría, nos enseña que esta teoría ha de ser modificada, pero no nos dice qué es lo que hay que cambiar" (Duhem 2003, p.285). Duhem comenta dos maneras de proceder que podemos asociar una con las de Lorentz y la otra con la de Einstein. "…uno puede ponerse por objetivo salvar ciertas hipótesis fundamentales, mientras se esfuerza por restablecer el acuerdo entre las consecuencias de la teoría y los hechos, complicando el esquema al que se aplican esas hipótesis, apelando a distintas causas de error y multiplicando las correcciones" (Duhem 2003, p.285-286). Lorentz hace justamente esto, ya que conservó la hipótesis del *éter* y trató de dar cuenta de los resultados mediante otros recursos. "El otro [físico], desdeñando esas complejas sutilezas, puede decidirse a cambiar algunas de las suposiciones esenciales que sostienen a todo el sistema" (Duhem 2003, p.286). Esta es la estrategia que sigue Einstein, quien evita por completo la hipótesis del *éter* y, más bien, plantea una nueva propuesta partiendo del *principio de relatividad* y el *principio de luz*. En la literatura posterior uno puede encontrar un amplio debate entre historiadores y filósofos de la ciencia acerca de si realmente era mejor la solución de Einstein durante la primera década del siglo XX.[289] Es decir, los historiadores y filósofos han tenido dificultades para señalar motivos lógicos por los cuales los físicos de la época debieran aceptar la propuesta de Einstein, a pesar de que eso fue lo que hicieron en pocos años.[290] Duhem señalaba que, en tales casos, puede no haber tales motivos de 'pura lógica'.

> Esto no significa que no pueda preferirse la obra de uno a la obra del otro: la pura lógica no es la única regla que guía nuestros juicios. Algunas opciones, que no incurren para nada en el principio de contradicción, son, sin embargo, perfectamente desatinadas. Esos motivos

[289] Cfr. Grünbaum (1959), Holton (1969), Zahar (1973a y 1973b), Feyerabend (1974), Nugayev (1983), Goldberg (1984), Brush (1999), Janssen (1995, 2002, 2019), Norton (2008), Acuña y Dieks (2014), Bradley (2019), entre otros.

[290] De acuerdo con Stanley Goldberg: "el año 1911 es significativo porque hay evidencia de que, al menos para los líderes en la ciencia, la teoría [de la relatividad especial] se pensaba como bien establecida para entonces" (Goldberg 1984, p. 182).

> que no derivan de la lógica y que, no obstante, guían nuestras elecciones, esas razones que la razón no conoce, que hablan al espíritu de finura y no al espíritu geométrico, constituyen lo que se llama propiamente el [buen sentido (*bon sens*)]. (Duhem, 2003, p.286, énfasis en el original)

La aceptación de la *relatividad especial* en pocos años, por parte de la comunidad científica, a pesar de la ausencia de motivos concluyentes claros, parece apoyar la tesis de Duhem de que algo similar al *bon sens* se utilizaba en la física de su época. Más aún, *el triunfo de la relatividad es consistente con la manera en que Duhem describe la continuidad histórica de la física*.

Como vimos en la sección 6.4, de acuerdo con Duhem, la física busca teorías que se aproximen a una *clasificación natural*. Esto requiere que haya una *continuidad histórica en las teorías*, de tal manera que, cuando una teoría es reemplazada por otra, la nueva debe ser una mejor aproximación a la *clasificación natural*. Debido a que algunos aspectos de la teoría previa, como las relaciones que establecen entre leyes experimentales, pueden ser ya similares a la *clasificación natural*, la nueva teoría debe conservar esos aspectos. Es decir, Duhem esperaba que, en el desarrollo histórico de la física, no hubiera rupturas completas, sino que cada teoría nueva conservara algo de la anterior.

El requerimiento de *continuidad* en el desarrollo histórico de las teorías puede no parecer tan significativo para el caso de Einstein y Lorentz, a menos que consideremos qué es lo que Duhem pensaba que se debía conservar en el cambio teórico. En la sección 6.4 también vimos que, de acuerdo con Duhem, las teorías se pueden dividir en *dos partes* "una es la parte meramente representativa, que se propone clasificar las leyes; la otra es la parte explicativa, que se propone captar la realidad que hay detrás de los fenómenos" (Duhem 2003, p.38). Sólo la *parte representativa* es la que debía conservarse, mientras que la *parte explicativa* es la que se pierde. Al referirse a la teoría ondulatoria de la luz, Duhem claramente se refiere a los supuestos sobre la naturaleza del *éter* como un aspecto *explicativo*, el cual había que tomar como una ficción. "El físico, que ve en toda teoría una explicación…cree en la existencia de un cuerpo, el *éter*…" (Duhem 2003, p.30, itálicas en el original). En otras palabras, el éxito de la *relatividad especial* de Einstein es consistente con la manera en que Duhem describe el desarrollo histórico de las teorías en física, ya que, implicó el abandono de un elemento explicativo: el *éter*.

Lo importante aquí no es que Duhem tuviera en mente el caso específico de Einstein al escribir *La teoría física*, las fechas de publicación de las obras de ambos muestran que no

era así; más bien, el que dicho caso parezca adaptarse tan fácilmente a sus descripciones muestra hasta qué punto Duhem identificaba dificultades genuinas en la práctica científica de inicios del siglo XX. Como mencioné en los capítulos anteriores, es notable que hasta ahora se haya explorado relativamente poco la medida en que las reflexiones de Duhem *sobre el testeo de hipótesis* fueron inspiradas por preocupaciones comunes de los científicos de su época. Sin embargo, el propio Einstein parece reconocer preocupaciones similares a las de Duhem. En 1918, por ejemplo, Einstein comentó que:

> La tarea fundamental del físico consiste en llegar hasta esas leyes elementales y universales que permiten construir el cosmos mediante pura deducción. No hay un camino lógico a esas leyes: sólo la intuición, fundamentada en una comprensión de la experiencia, puede llevarnos a ellas…cualquiera podría suponer que existen un elevado número de sistemas posibles de física teórica, todos bien justificados por igual. Y, en teoría, esta opinión es correcta, sin duda. Pero el desarrollo de la física ha demostrado que en todo momento, más allá de todas las construcciones concebibles, un único sistema ha resultado ser superior a todos los demás. Ninguna persona que haya entrado en la materia con profundidad podrá negar que, en la práctica, el mundo de los fenómenos determina unívocamente el sistema teórico, a pesar de que no existe puente lógico entre los fenómenos y sus principios teóricos… (Einstein 1918/2005, p.231)

Aquí Einstein muestra una manera de entender a las teorías de la física notablemente similar a la de Duhem, aunque con términos diferentes. Einstein llama 'leyes elementales y universales' a lo que Duhem llama hipótesis;[291] de manera que de ellas se puede deducir el 'cosmos', con lo que probablemente se refiere a las leyes de la física. Además, esas leyes elementales (o hipótesis en la terminología de Duhem) no se formulan mediante 'lógica pura', sino que requieren de *intuición*, un término que Duhem asocia al de *bon sens*. También, Einstein, al igual que Duhem, reconoce que hay diferentes maneras válidas de formular teorías, entre las cuales la 'lógica pura' no nos dice cuál escoger; pero 'el desarrollo de la física nos muestra que un resultado es superior a todos los demás'. La 'lógica pura' no es la única guía de nuestros *juicios*, de acuerdo con Duhem y Einstein, pero, aun así, 'el mundo de fenómenos determina unívocamente el sistema teórico'.

[291] Duhem (2003, p.22-23) llama hipótesis a los *principios de deducción* de las teorías, a partir de los cuales se puede deducir leyes. Einstein es menos claro aquí, pero llama 'leyes elementales y universales' a los *principios de deducción* a partir de los cuales puede deducirse 'el cosmos'. Ambos se refieren a p*rincipios de deducción* de las teorías.

En otros textos, también podemos ver que Einstein comparte con Duhem la idea de que las leyes básicas, o hipótesis, que fundamentan las teorías no se obtienen por *inducción*:

> Los avances verdaderamente importantes de la ciencia han surgido por unos métodos casi diametralmente opuestos a la inducción. La captación intuitiva de lo que hay de esencial dentro de un gran complejo de hechos lleva al científico a la formulación de una hipotética ley básica o de varias leyes de este tipo…Pero [el investigador] no llega a su sistema de ideas por vías metódicas e inductivas, sino que se amolda a los hechos a través de una selección intuitiva llevada a cabo entre las distintas teorías posibles basadas en axiomas…Así pues, una teoría puede considerarse incorrecta si hay un error lógico en su deducción, o inexacta si existe un hecho que contradice sus conclusiones. Sin embargo, la verdad de una teoría nunca puede ser demostrada, porque nunca se sabe si en el futuro se llegará a conocer una experiencia real que contradiga sus conclusiones. Además, siempre son imaginables otros sistemas de ideas que podrían establecer otras relaciones entre los mismos hechos. (Einstein 1919/2005, p.233-234)

De manera que, también en el caso de Einstein, las consideraciones que no son deductivas ni inductivas, pero que permiten escoger entre hipótesis en algunos casos, pueden considerarse como provenientes de un tipo de *juicio*, como el que Duhem llamaría *bon sens*, pero que Einstein llama *intuición*.[292]

8.4 El rechazo de Duhem a la relatividad y algunas de sus interpretaciones

Que la emergencia de la relatividad especial parezca seguir las descripciones de Duhem, así como que Einstein parece estar de acuerdo con él en varios puntos relevantes de su concepción de la física, nos haría esperar una respuesta favorable de Duhem a la relatividad. Sin embargo, en su libro *La Ciencia Alemana*, Duhem muestra un claro rechazo a la relatividad de Einstein. A lo largo de dicho libro, Duhem crítica a la ciencia que se hacía en Alemania porque la consideraba falta de *bon sens* y excesivamente enfocada en el *razonamiento deductivo*, a lo que se refiere como un "exceso de la mente geométrica". En

[292] La similitud en los comentarios de Einstein con varias tesis de Duhem son evidentes a tal punto que han motivado a Don Howard (1990) a sostener que la filosofía de la ciencia del primero está basada en la del segundo, a pesar de que son escasas las ocasiones en que Einstein cita explícitamente a Duhem. Aun así, Howard (1990, p.368) identifica una carta de 1918 en la que Einstein recomienda el libro de Duhem a un matemático llamado Eduard Study; lo que muestra que Einstein había leído *La Teoría Física* para entonces y que tenía una opinión favorable. Howard (2021, p.131-132) agrega, también, que Einstein parece referirse al *holismo* de Duhem en sus notas para su curso de electricidad y magnetismo de 1910. En dichas notas Einstein comenta que "Podemos configurar un sistema conceptual, las partes individuales del cual, no corresponden directamente a hechos empíricos. Sólo una cierta totalidad de material teórico corresponde, de nuevo, a una cierta totalidad de hechos experimentales…Pero la fuerza así definida ya no es directamente accesible a la exp. Es una parte de una construcción teórica que puede ser correcta o falsa, es decir, consistente o no con la experiencia, sólo *como un todo*" (Einstein 1910-1911/1993, p.259, itálicas en el original).

particular, Duhem expresa su desacuerdo con la relatividad de Einstein, el cual parece asociado a los cambios que ésta introduce en la manera tradicional de entender los conceptos de *espacio*, *tiempo* y *movimiento*. De acuerdo con Duhem:

> Las ideas de espacio, tiempo y movimiento son presentadas a nosotros por el conocimiento común como ideas simples e irreducibles, las cuales no pueden ser reconstruidas con la ayuda de operaciones relacionadas con números enteros. Ellas son, por lo tanto, esencialmente incapaces de definición algebraica. ¡Pero esto no es un obstáculo! La mente geométrica se rehúsa a considerar al espacio, tiempo y movimiento que todas las personas conciben claramente y sobre los que pueden hablar entre ellos sin nunca dejar de entenderse unos a otros. Mediante operaciones referentes a expresiones algebraicas (esto es, en último análisis, a números enteros) fabrica para sí mismo su propio espacio, su propio tiempo, su propio movimiento. Somete este espacio, tiempo y movimiento a postulados los cuales son ecuaciones algebraicas arregladas de manera arbitraria. Y cuando ha deducido rigurosamente una larga serie de teoremas a partir de estas definiciones y postulados, de acuerdo con las reglas del cálculo, dice haber producido una geometría, una mecánica, una física, aunque sólo ha desarrollado capítulos del álgebra. Así es como la geometría de Riemann fue construida; así es como la física relativista fue construida, así es como la ciencia alemana progresa, orgullosa de su rigidez algebraica, mirando con desdén al buen sentido [*bon sens*] del que todas las personas han recibido una parte. (Duhem 1915/1996, p.273)

Aquí, el centro de la crítica de Duhem parecen ser las modificaciones que Einstein introduce en los conceptos de *espacio* y *tiempo* en la *relatividad especial*.[293] Al decir que 'mediante operaciones referentes a expresiones algebraicas (esto es, en último análisis, a números enteros) fabrica para sí su propio espacio…', Duhem parece sostener que los conceptos de la relatividad *son entidades matemáticas, sin sentido físico*. De manera que habría que tratar de establecer qué motivos podría tener Duhem para llegar a esta conclusión sobre los conceptos de la relatividad.

[293] Duhem no menciona explícitamente si estaba considerando sólo la *relatividad especial* o también la *general*; pero sabemos que el texto de Duhem donde se encuentra la crítica a la relatividad fue una conferencia que se publicó en febrero de 1915, mientras que Einstein presentó lo que hoy llamamos *relatividad general* en noviembre de ese mismo año. Sin embargo, una versión más temprana, aunque errónea, de la *relatividad general* fue publicada por Einstein en 1913 (se indica en las referencias como Einstein 1913/1987). Esa versión temprana incluye ya el uso de geometrías no euclidianas, de manera que la mención de la geometría de Riemann por parte de Duhem puede hacer plausible que estuviera dirigiendo su crítica también contra esa versión de la *relatividad general*. No obstante, el foco de su crítica a la relatividad parece dirigido hacia los cambios introducidos en los conceptos de *espacio* y *tiempo*, por lo que considero que es más probable que sólo estuviera considerando la *relatividad especial*.

Hay otros casos en los que Duhem critica las teorías de otros autores de su época por utilizar conceptos científicos en maneras que él consideraba inadecuadas. El caso más claro es el de la crítica que dirige a las teorías de James Clark Maxwell (1831-1879). Aunque Duhem critica varios aspectos de las teorías de Maxwell en diferentes textos, la crítica que podríamos asociar a la que hace a la relatividad (puesto que se relaciona con el uso de conceptos) es en la que ataca a Maxwell por introducir innecesariamente un nuevo concepto: el de *corriente de desplazamiento*. De acuerdo con Roger Ariew y Peter Barker (1986, p.150-151), Duhem criticó a Maxwell la introducción de dicho concepto porque, al hacerlo, rompía con otra tradición de investigación que él reconocía (que provenía de los estudios en electricidad de Coulomb, Poisson y Ampère), sin proponer él mismo una tradición coherente (ya que, de acuerdo con Duhem, Maxwell sólo propuso teorías y *modelos inconsistentes* entre sí) mientras que existían ya mejores alternativas coherentes (como Duhem consideraba a la teoría electromagnética de Helmholtz). La crítica de Duhem consiste en señalar que no se debe introducir un concepto nuevo a menos que no parezca haber alternativa y sin definirlos coherentemente. La preocupación de Duhem es que se arriesga la *continuidad* del desarrollo histórico de las teorías y su unidad lógica al introducir nuevos conceptos sin necesidad. Según Duhem, Maxwell no tuvo suficiente cuidado con la introducción de conceptos porque sólo estaba proponiendo *modelos* que, aunque debían explicar los fenómenos, no hacía falta que fueran lógicamente consistentes.

Ya hemos visto, en la sección 6.4, que Duhem rechazaba importantes teorías de su época por su asociación con el uso de *modelos* típicos de la corriente *mecanicista*. Sin embargo, considero que no se pueden aplicar las mismas críticas al caso de la relatividad de Einstein, en particular, porque las alternativas a la *relatividad* (como la teoría electromagnética de Lorentz) recurrían al concepto de *éter* que Duhem rechazaba. Además, la *relatividad especial* era *independiente* de los modelos moleculares y atómicos de la época. Es decir, no había mejores alternativas a la relatividad que Duhem reconociera, puesto que las alternativas dependían de *modelos* o conceptos que él claramente rechazaba. De hecho, hemos visto que el abandono del *éter* por parte de Einstein es más consistente con los requerimientos de Duhem respecto del desarrollo histórico de las teorías, en tanto que constituyó el abandono de un componente 'explicativo'. Más aún, al final de la sección 6.4 también vimos que Liston (2017, p.81) señala a la relatividad de Einstein como el tipo de *física de principios* que defendía Duhem. Finalmente, al criticar a la relatividad, Duhem no

dice nada respecto a si era necesario o innecesario modificar los conceptos de espacio y tiempo, sino que rechaza tal modificación como 'un exceso de la mente geométrica'.

Roger Ariew y Peter Barker (1986) también sostienen que Duhem esperaba que no hubiera rompimientos en *ontología* en el desarrollo histórico de las teorías. "Duhem rechaza la posibilidad de ontologías alternativas en física con base en que sólo los metafísicos pueden pronunciarse sobre la naturaleza de la realidad. Las teorías físicas deben, por tanto, formar una sola tradición continúa sin rupturas abruptas en contenido conceptual u ontológico" (Ariew y Barker 1986, p.151). Esa conclusión parece extraña puesto que Duhem (2003, p.38-39) es enfático respecto de que, en el cambio teórico, lo que se conserva es la parte *representativa* de las teorías y lo que se pierde es la parte *explicativa*, es decir, lo *ontológico* o metafísico. Para Duhem las rupturas en contenido ontológico son parte de su concepción de la historia de la ciencia.

Considero que el rechazo de Duhem a la *relatividad especial* muestra un aspecto nuevo de su filosofía de la física, el cual no es claro al analizar otros de sus textos. Ese aspecto parece relacionado con cómo la *experiencia cotidiana* controla los juicios de *bon sens*. Duhem (2003, p.343) señala que los conocimientos de la *experiencia cotidiana* pueden *sugerir* hipótesis, aunque, en principio, estas sólo necesitaban ser lógicamente consistentes entre sí. Pero la crítica a la relatividad muestra que Duhem, además de considerar que la *experiencia cotidiana* puede guiar la formulación de conceptos e hipótesis, en el sentido de sugerir, también parece tener poder *normativo*. Es decir, *el juicio de bon sens está restringido a sólo aceptar hipótesis que exhiban una relación adecuada con las conclusiones de sens commun, aunque no es muy claro cómo él entiende que debe ser esa 'relación adecuada'*. El conflicto entre la relatividad y la *experiencia cotidiana* es suficiente para que Duhem considere que la teoría de Einstein debe rechazarse. Sin embargo, no es tan claro cómo Duhem entiende ese conflicto.

Sorprendentemente, es difícil encontrar en la literatura sobre Duhem análisis detallados sobre su rechazo a la relatividad. Las investigaciones sobre la filosofía de la ciencia de Duhem sólo suelen hacer comentarios breves a este respecto. Donald Gillies (1993, p.107) considera que el rechazo de Duhem a la relatividad evidencia, irónicamente, su propia falta de *bon sens*. En general, sin embargo, los autores que analizan la filosofía de la ciencia de Duhem sólo comentan que su rechazo a la relatividad se debe a la prioridad que él da al *sens commun* (o *experiencia cotidiana*) sobre la física.

Sanley Jaki, por ejemplo, sostiene que Duhem consideraba reales a las conclusiones de la *experiencia cotidiana*, mientras que las teorías de la física eran una manera de 'salvar los fenómenos'; de manera que la única conexión que tienen las teorías con la realidad es la que tienen con la *experiencia cotidiana*. Para Duhem, entonces, no sólo importaba la consistencia lógica de las teorías "… sino también su conexión confiable en cada paso con la realidad física a la cual el sentido común o *bon sens* daba el acceso indispensable" (Jaki 1991, p.XXI, itálicas en el original).[294] En la lectura de Jaki, es dicha conexión la que está comprometida en la teoría de Einstein; ya que, la relatividad parece implicar que debemos corregir nuestras nociones de sentido común: "Puesto que [Duhem] claramente vio que, desde su concepción, la teoría de la relatividad había asumido un mensaje pseudo-metafísico si no anti-ontológico" (Jaki 1991, p.XXII). La única metafísica que Duhem parece dispuesto a aceptar es la que se basa en el *sens commun*, pero la relatividad parecía implicar que debíamos corregir las concepciones de *sens commun* sobre el espacio y el tiempo. En general, Duhem consideraba que debía haber una separación entre física y metafísica, pero "… él sostenía que la física era independiente de la metafísica en el sentido de que ninguna teoría física específica podía ser construida de nociones metafísicas básicas, los únicos lazos de la física con la realidad. Cualquier desprecio a esos lazos era, a ojos de Duhem, socavar el mismo significado de las ciencias físicas como algo relacionado a una realidad que sea física" (Jaki 1991, p.XXIII). Es decir, en la lectura de Jaki, aunque Duhem separa física de metafísica, él acepta una metafísica basada en el *sens commun*, la cual concibe al espacio y al tiempo de manera que no es consistente con la relatividad.

La lectura de Jaki parece convincente, ya que tiene razón respecto de cómo Duhem veía la relación entre metafísica y la *experiencia cotidiana*. Como vimos en la sección 5.6, Duhem consideraba que los axiomas de las matemáticas eran leyes de *sens commun*. En *La Ciencia Alemana*, él asocia tales axiomas con los de la metafísica. "En álgebra y geometría, y también en metafísica cuando se construye correctamente, los axiomas son bastantes simples" (Duhem 1915/1991, p.21). Como han señalado varios autores (como Martin 1991), al contrario de los positivistas, Duhem no buscaba eliminar la metafísica, sino que sólo consideraba que debía haber una separación entre ésta y la física. La metafísica de Duhem debía estar basada en nociones y leyes de *sens commun*, pero lo que no parece tan claro es la relación de las teorías de la física con tal metafísica. Es decir, desde mi punto de vista, *el*

[294] Hay que recordar que Jaki no hace distinción entre los términos *sens commun* y *bon sens*.

problema con lo que señala Jaki es que el mismo conflicto entre la relatividad y (lo que podríamos llamar) la metafísica de sentido común, también se podría señalar entre ésta y otras teorías que aceptaba Duhem.

Una conclusión de sentido común durante siglos fue la de suponer que la Tierra es el centro del sistema solar. Al hablar de la historia de la física, Duhem sí parece querer defender a las autoridades eclesiásticas que condenaron a Galileo por defender al heliocentrismo. De acuerdo con él: "Los físicos de nuestros días… se han visto obligados a reconocer y proclamar que la lógica se pone del lado de Osiander, Belarmino y Urbano VIII, no con Kepler y Galileo…" (Duhem 1908/1969, p.113). Sin embargo, la crítica de Duhem a Galileo y Kepler va dirigida, más bien, al *realismo* que sostenían (la idea de que la física podía descubrir causas verdaderas), más que contra la teoría heliocéntrica. La postura de Duhem sobre el debate entre geocentrismo y heliocentrismo en los siglos XVI y XVII era que los partidarios de ambas teorías llegaron a defender una forma de realismo que él consideraba equivocada. Los defensores del geocentrismo (Osiander, Belarmino y Urbano VIII) afirmaban que había una distinción entre las leyes que seguían los cuerpos terrestres y las que seguían los planetas, así como entre la manera en que se debía estudiar la astronomía y la física. Al mismo tiempo, los partidarios del heliocentrismo (Galileo y Kepler) sostenían que era posible probar más allá de toda duda hipótesis en física. "A pesar de Kepler y Galileo, creemos hoy, con Osiander y Belarmino, que las hipótesis de la física son meros artilugios matemáticos ideados con el propósito de salvar los fenómenos. Pero gracias a Kepler y Galileo, ahora requerimos que salven juntos todos los fenómenos del universo inanimado" (Duhem 1908/1969, p.117). En otras palabras, Duhem consideraba que las teorías de la física debían 'salvar los fenómenos', es decir, representarlos adecuadamente. Su crítica a Galileo y Kepler era sólo respecto de asumir que las hipótesis que proponían eran necesariamente verdaderas y no una forma de representar fenómenos.[295]

Aun concediendo a Jaki que Duhem busca defender una *metafísica de sentido común*, no es claro por qué no podría aceptar la relatividad de Einstein como sólo una forma de *salvar los fenómenos* (al igual que como acepta el heliocentrismo). Incluso si asumimos que los conceptos de espacio y tiempo del *sens commun* no deben modificarse, Duhem podría haber sostenido la misma distinción que defiende en *La teoría física* sobre el concepto de

[295] Esta postura la defiende Duhem en su libro *Salvar los fenómenos*. Martin (1991, p.176-180) enfatiza que, contrario a lo que se suele pensar, el libro de Duhem no es sólo apología del catolicismo, ya que, sí reivindica algunos aspectos de la postura de Galileo y Kepler.

caída libre. Como vimos en la sección 5.5, Duhem sostiene que "La palabra «caída libre de un cuerpo grave» tienen en la actualidad dos sentidos diferentes. Para el que desconoce las teorías físicas, tienen un significado real: significan lo que el sentido común entiende cuando las pronuncia; para el físico, tienen un sentido simbólico, significan: «caída uniformemente acelerada». La teoría no habría alcanzado su objetivo si el segundo sentido no fuera el signo del primero" (Duhem 2003, p.276). De la misma manera, Duhem podría haber aceptado la relatividad limitándose a señalar una distinción entre los conceptos de espacio y tiempo de la física y los del *sens commun*; pero no lo hizo.

Una explicación diferente se podría inferir de la investigación de Klodian Coko (2015). Coko analiza el rechazo de Duhem al atomismo y podría sugerirse que los motivos de dicho rechazo son aplicables, también, al caso de la relatividad. Como hemos visto (en la sección 3.3), el atomismo era considerado muy problemático hasta inicios del siglo XX. Sin embargo, la primera década de dicho siglo produjo resultados experimentales que motivaron a muchos investigadores a cambiar de opinión. "A pesar de los desacuerdos respecto del estatus de atomismo durante el siglo XIX, (casi) todos los historiadores concuerdan en que la controversia había terminado para 1913…" (Coko 2015, p.73).[296] No obstante, Duhem mantuvo su oposición. De acuerdo con Coko, es esta oposición tardía al atomismo la que requiere explicación. Coko sostiene que "...de la misma manera que la ciencia de Duhem proveía apoyo a su epistemología durante la primera fase de su carrera, la historia de la ciencia proveía el apoyo durante la segunda fase" (Coko 2015, p.77). Es decir, la conclusión de Coko es que, para Duhem, la historia de la ciencia muestra que las teorías progresan hacia la *clasificación natural*, la cual, él pensaba que no contendría supuestos explicativos; como son las hipótesis atomistas. Sin embargo, esta explicación (aun si es correcta) difícilmente se aplica al caso de la relatividad. De hecho, Coko no intenta extender su conclusión a dicho caso. Como hemos visto en la sección 8.3, Duhem consideraba un 'elemento explicativo' al *éter*, por lo que la relatividad, de hecho, resulta congruente con su concepción del desarrollo histórico de la física.

Otra posibilidad es que, en el caso de la relatividad, Duhem se está dejando llevar por la tendencia a criticar la ciencia alemana que motiva su libro *La Ciencia Alemana*. Al escribir las conferencias que componen dicho libro, Francia y Alemania se enfrentaban en la Primera Guerra Mundial, por lo que podría pensarse que la crítica a la relatividad es sólo

[296] La investigación experimental de Jean Perrin (1870-1942) sobre el movimiento browniano fue lo que, para muchos, resolvió el debate en favor del atomismo.

una expresión del nacionalismo francés de Duhem. Sin embargo, varios autores han señalado que *La Ciencia Alemana*, aunque sí está influida por motivaciones patrióticas, en general, continúa temas que Duhem ya había comenzado a desarrollar desde *La teoría física*. "*La Ciencia Alemana* es, por tanto, parte de la continuidad del trabajo de Duhem" (Stoffel 2002, p.273, itálicas en el original). Es decir, Duhem adopta la postura patriótica sólo en la medida que el desarrollo de los temas que ya había defendido antes daba ocasión para ello. Él no contradice sus tesis, sino que las usa, en la medida que estas lo permiten, para criticar la ciencia alemana. De manera que lo coherente sería esperar que la crítica a la relatividad sea consistente, también, con sus tesis previas.

Además, Duhem no dudaba en reconocer a los científicos alemanes cuyo trabajo consideraba consistente con su filosofía de la ciencia. "Hay sabios alemanes cuyo genio, perfectamente balanceado, sabe cómo asignar a cada facultad su justo lugar y usar a su vez las intuiciones del sentido común [*sens commun*] y las deducciones de la mente geométrica. Por ejemplo, ¿Cuál de los reproches que hemos dirigido a la ciencia alemana podría aplicarse a Clausius o a Helmholtz?" (Duhem, 1915/1991, p.68). También, al mencionar a Gauss, Duhem hace comentarios tan positivos como los que dirige a Helmholtz. "En tales trabajos uno ya no adivina el genio de esta o aquella nación, sino sólo el genio de la humanidad" (Duhem 1915/1991, p.80). Cabría esperar que, ya que Einstein evitaba los modelos respecto del electrón al formular la relatividad, Duhem eximiera su teoría de la crítica que dirige contra la ciencia de los alemanes. Sin embargo, eso no fue lo que ocurrió.

Parece claro que el rechazo de Duhem a la relatividad está relacionado con el uso de los conceptos básicos y cómo él pensaba que debían relacionarse al *sens commun*. En general, Duhem sostiene que hay una distinción entre los conceptos de *sens commun* y los de la física, pero no que tal distinción debiera ser tajante. Es posible que, o bien Duhem pensara que los conceptos de *espacio*, *tiempo* y *movimiento* son especiales (en algún sentido), o bien que los conceptos de la física debían relacionarse al *sens commun* de una manera particular que los conceptos de Einstein no satisfacían.

La primera posibilidad parece plausible a primera vista. En algunos momentos Duhem sí parece tratar a los conceptos de espacio, tiempo y movimiento como especiales. Él sostenía que los conceptos de *sens commun*, en general, no son adecuados para la física porque el *razonamiento matemático* requiere conceptos simples. De acuerdo con él, la geometría tiene la particularidad de que puede utilizar leyes de *sens commun* como axiomas, porque estas leyes resultan ser lo suficientemente simples, a la vez que certeras, como para

ser utilizadas en el *razonamiento deductivo*. Al criticar a la relatividad, Duhem dice que los conceptos de espacio, tiempo y movimiento "son presentados a nosotros por el conocimiento común como ideas simples e irreductibles". Como señala Martin (1991, p.82-83), afirmar que los axiomas de la geometría de Euclides son leyes de *sens commun* compromete de antemano a Duhem a oponerse al uso de las geometrías no euclidianas. De manera similar, es posible que algo similar suceda con los conceptos de espacio, tiempo y movimiento; estos son los únicos conceptos de *sens commun* que Duhem considera que se usan directamente en física y, por tanto, no se pueden modificar.[297]

Sin embargo, sigue sin ser claro por qué no podría Duhem considerar que, también en el caso de los conceptos de espacio y tiempo, la física puede utilizar conceptos distintos a los del *sens commun*. Como vimos, Duhem sostiene que hay una diferencia entre el concepto de *sens commun* de 'caída libre' y el concepto de la física de 'caída libre'. Tal distinción no lo lleva a rechazar la mecánica, ni a considerar el concepto físico de 'caída libre' como uno puramente matemático. ¿Qué razón podría tener Duhem para no considerar que lo mismo se puede hacer con los conceptos de espacio, tiempo y movimiento? Distinguir entre conceptos de espacio, tiempo y movimiento de *sens commun* y el espacio, tiempo y movimiento de las teorías sería consistente con la descripción de Duhem de los conceptos de la física.

8.5 Los conceptos de la relatividad como representación inadecuada, según Duhem

El rechazo de Duhem a la relatividad muestra que él consideraba que aún hay otro motivo por el cual los conceptos de *espacio, tiempo* y *movimiento* de Einstein no son aceptables, además de las peculiaridades que él pudiera atribuir a dichos conceptos. Como mencioné en la sección anterior, también es posible que Duhem considerara que debía haber una relación entre los conceptos de la física y los de *sens commun* que los de Einstein no satisfacían. Una pista al respecto son las afirmaciones de Duhem de que los conceptos de espacio, tiempo y movimiento de la relatividad eran ficciones matemáticas *sin relación* con la física. Él sostiene que la 'mente geométrica de los alemanes' "Mediante operaciones referentes a

[297] Duhem constantemente cita los *Pensée* de Pascal, tanto en *La teoría física* como en *La Ciencia Alemana*; en los *Pensée* Pascal sostiene que el conocimiento que tenemos del espacio, tiempo y movimiento es uno confiable, pero intuitivo. "Pues el conocimiento de primeros principios, como el espacio, tiempo, movimiento, número es tan firme como cualquiera que derivemos de la razón. La razón debe usar este conocimiento del corazón y el instinto y basar todos sus argumentos en él" (Pascal 2004, p.31).

expresiones algebraicas (esto es, en último análisis, a números enteros) fabrica para sí mismo su propio espacio, su propio tiempo, su propio movimiento" (Duhem 1996, p.273). Es decir, el problema con los conceptos de espacio, tiempo y movimiento de la relatividad, de acuerdo con Duhem, es que se refieren a expresiones algebraicas o números enteros. Para él, los conceptos de la relatividad son entidades abstractas, puramente matemáticas, *sin sentido físico*. Esto sólo puede ser consecuencia de que él considera que la relación entre los conceptos de la relatividad y la física se ha perdido al modificarlos.

Cuando, en *La teoría física*, Duhem explica la diferencia entre el concepto de 'caída libre' de *sentido común (sens commun)* y el concepto de la física de 'caída libre', sostiene que ambos debían estar relacionados. "La teoría no habría alcanzado su objetivo si el segundo sentido no fuera el signo del primero, si una caída, considerada libre por el sentido común, no fuera también una caída de aceleración uniforme" (Duhem 2003, p.276). El concepto de 'caída de aceleración uniforme' de la física debía ser un signo que representara al concepto de 'caída libre' del *sens commun*. Esa relación de *representación* entre conceptos de *sens commun* y conceptos de la física la concibe Duhem como dada a partir de operaciones de medición. Es decir, para Duhem, los conceptos de *sens commun* designan aspectos de los fenómenos que reconocemos mediante el uso de los sentidos, pero cuando medimos algún aspecto de los mismos definimos un nuevo concepto, o *magnitud*, que lo representa. Que Einstein modifique los conceptos de espacio, tiempo y movimiento, de la manera en que lo hace, implicaría que ya no representan a los de *sens commun*. El espacio y tiempo del *sens commun* tienen un carácter absoluto, el cual está representado en la manera en que la física clásica utiliza esos conceptos, pero ya no en la manera en que los usa Einstein. Por lo tanto, los conceptos de espacio y tiempo de la relatividad ya no representan nada para Duhem, son expresiones matemáticas vacías.

Como vimos en la sección 8.2, Einstein analiza los conceptos de espacio y tiempo de sentido común y cómo estos dependen de nuestras sensaciones. La conclusión de Einstein es que esa dependencia limita la aplicación de los conceptos de sentido común a ciertos ámbitos. Einstein se dio cuenta de que las *sensaciones* nos permiten concebir los conceptos de espacio y tiempo de manera adecuada sólo para el ámbito de la *experiencia cotidiana*; pero esa manera de entender los conceptos puede no ser adecuada en otros ámbitos (como cuando tratamos con fenómenos tan veloces como la luz). *Duhem, a diferencia de otros autores de la época como Mach o el propio Einstein, no analiza con cuidado los procesos por los cuales formulamos y aceptamos las conclusiones del sens commun*. El único motivo

claro que Duhem parece dar a la confiabilidad que él atribuye al *sens commun* es el amplio acuerdo que comanda. Al criticar a la relatividad, como vimos, él señala que "La mente geométrica se rehúsa a considerar al espacio, tiempo y movimiento que todas las personas conciben claramente y sobre las que pueden hablar entre ellos sin nunca dejar de entenderse unos a otros…" (Duhem 1996, p.273). Aun concediendo que este acuerdo que comparten 'todas las personas' es suficiente motivo para aceptar la validez y certeza de los conceptos de *sens commun* en el ámbito de la *experiencia cotidiana*, no hay motivo para pensar que ese acuerdo es suficiente para aceptarlos en otros ámbitos. La innovación epistémica de la relatividad especial consiste justamente en mostrar que una generalización de *sens commun* que se veía como justificada, de hecho, no lo estaba: el carácter absoluto del espacio y el tiempo.

El carácter absoluto del espacio y tiempo es resultado de generalizaciones de *sens commun*, las cuales son certeras para Duhem, y es por ello por lo que él esperaba que los conceptos y teorías de la física, aunque se definieran a partir de operaciones de medición, representaran ese aspecto del espacio y el tiempo. Incluso si utilizáramos conceptos de espacio y tiempo en la física que fueran distintos a los del *sens commun* y sólo los representaran, Duhem esperaría que tal representación incluyera a las características que les atribuye el *sens commun*, y no que las contradijera. En el capítulo I de la segunda parte de *La teoría física*, Duhem sostiene que, para medir, seleccionamos operaciones matemáticas que representen propiedades de los fenómenos que percibimos por los sentidos. "La física teórica no capta la realidad de las cosas, sino que se limita a representar las apariencias sensibles por medio de signos, de símbolos" (Duhem 2003, p.149). Lo que la medición hace, de acuerdo con Duhem, es permitirnos formular conceptos matemáticos precisos, pero *no cambia* las características de los conceptos de *sens commun*. *La finalidad de hacer juicios de bon sens es, para Duhem, reconocer si las hipótesis utilizan conceptos que preserven las generalizaciones implícitas en los conceptos de sens commun*. Modificar los conceptos de la física, como lo hace Einstein, hace que se pierda la representación de aquellas propiedades de los fenómenos que el *sens commun* reconoce en ellos.

Lo que sólo la filosofía de la ciencia reciente ha enfatizado al estudiar la medición científica es que, en el desarrollo histórico, no sólo cambian los recursos materiales (como los instrumentos), sino que también cambian los mismos conceptos de aquello que medimos. Es decir, medir algo y definirlo, en física, son operaciones que co-evolucionan. "La pregunta *¿qué cuenta como una medición de (una cantidad física) X?* y *¿qué es (esa cantidad física)*

X? no pueden ser respondidas independientemente una de otra" (van Fraassen 2008, p.116, itálicas en el original). *Modificar los conceptos permite coordinarlos de nuevas maneras con operaciones de medición*. Sin embargo, *Duhem tiene una concepción de la medición científica que asume que las generalizaciones de sens commun son fijas* y deben ser representadas al definir magnitudes físicas. Duhem toma esta postura por temor a que la física se convierta en un discurso meramente matemático sin conexión con los fenómenos de nuestra experiencia; las hipótesis y las teorías generales pueden diferir tanto como sea necesario del *sens commun*, pero los conceptos debían mantener una relación con éste, aunque sea a través de operaciones de medición.

A favor de la postura de Duhem, se puede señalar que no siempre es fácil reconocer qué conceptos de la física teórica refieren a entidades reales y cuales son ficticios. Aun dejando de lado los debates más generales sobre el realismo científico, hay que tomar en cuenta que las ecuaciones matemáticas con las que trabajan los físicos teóricos a menudo admiten soluciones que no tienen sentido físicos; pero no siempre es fácil distinguirlas de las que sí. Duhem parece haber buscado distinguir entre resultados matemáticos con sentido físico y resultados sin sentido físico ligando los conceptos científicos con algo que pueda ser reconocido por el *sens commun*. Sin embargo, la relatividad de Einstein, estaba introduciendo una nueva manera de entender los conceptos de la física y su relación con los fenómenos; una que no da prioridad cognitiva o epistémica a su relación con el *sens commun*. Como en cualquier proceso de abstracción, *desconectar los conceptos de las características particulares con las que percibimos aquello que designan, por un lado, nos permite entenderlos de nuevas maneras, pero, por otro lado, los separa de nuestra experiencia directa*. La redefinición de conceptos de espacio y tiempo, por ejemplo, le permitió a Einstein resolver importantes problemas teóricos e iniciar nuevas líneas de investigación, pero a cambio, la física del siglo XX se hizo más contraintuitiva de lo que había sido.

8.6 La separación entre los conceptos de la física y los del *sens commun* después de Einstein

Como hemos visto, la historia temprana de la relatividad especial es consistente con las descripciones de la investigación en física que hace Duhem. Pero lo que él no parece haber previsto es que algunos ajustes que se proponen para responder a resultados experimentales recalcitrantes podían consistir en cambiar los procesos mediante los cuales se formulan

conceptos científicos aceptables. Es decir, *Duhem no consideró que la continuidad que prescribe entre la física y el sens commun, que consiste en preservar las generalizaciones implícitas en conceptos de sens commun, pudiera abandonarse, al menos, en la forma que él la concibe*. Con la *relatividad especial*, Einstein mostró que la robustez de la medición podía permitir formular conceptos de manera adecuada, incluso aunque corrigieran generalizaciones de *sens commun*. A diferencia de Duhem, Einstein atribuye más certeza a las mediciones científicas robustas que a dichas generalizaciones. En otras palabras, la relatividad muestra una importante transformación, en la manera en que se hace la investigación en física, ocurrida a inicios del siglo XX. El eventual triunfo de la relatividad, a su vez, muestra que hubo una validación implícita de una parte de la comunidad científica de la manera de proceder de Einstein.

Los historiadores recientes, como Nugayev (1983), Janssen (2002) o Acuña y Dieks (2014), atribuyen el éxito de la relatividad a algunos conflictos entre las teorías de Lorentz y la naciente *física cuántica*. Sin embargo, no es claro que fuera imposible modificar la teoría de Lorentz para evitar tales conflictos; aun así, los físicos prefirieron adoptar la propuesta de Einstein aún con sus implicaciones radicalmente contraintuitivas sobre el espacio y el tiempo. Al menos, a partir de entonces los conceptos de la física comenzaron a ser definidos a partir de operaciones de medición, sin dar prioridad cognitiva o epistémica a su relación con la *experiencia cotidiana*. Conceptos centrales para algunas de las teorías posteriores más importantes, como la relatividad general o la mecánica cuántica, fueron notablemente difíciles de entender como meras precisiones o representaciones de algo que pudiéramos reconocer en el *sens commun*. El uso de conceptos contraintuitivos en la física de la primera mitad del siglo XX fue un problema reconocido por importantes autores de ese período. Incluso los autores que retomaron importantes tesis de Duhem, como Otto Neurath (1882-1945), parecen haber rechazado la prioridad de la *experiencia cotidiana*.[298]

[298] Esto lo argumenta Thomas E. Uebel (1997) al señalar que el entrenamiento de Neurath en ciencias sociales lo llevó a darse cuenta de que todos los conceptos (incluyendo los del sentido común) tienen alguna forma de 'carga teórica'. De acuerdo con Uebel: "Hay una diferencia entre la tesis de Duhem y el principio de Neurath: la primera deja intactos los 'hechos prácticos', mientras que el segundo los cuestiona. ¿Qué se necesita, entonces, además y por encima de la tesis de Duhem para legitimar el principio de Neurath? La respuesta es: antifundacionalismo al nivel de hechos prácticos. Que la observación está en algún sentido 'cargada de teoría' se sigue una vez que uno acepta que ninguno de nuestros reportes de observación presenta datos crudos, sino sólo conceptualizaciones de las mismas (y que estas son falibles) ... El siguiente paso del camino de Neurath es claro: conceptualizar la observación y teorizar el sentido común. Cuando Neurath negó que el lenguaje ordinario pueda proporcionar fundamentos para las afirmaciones de conocimiento y se dio cuenta de que no hay otro punto de partida posible además del lenguaje natural, sus convicciones se apoyaron en la concepción del lenguaje de [Ferdinand] Tönnies." (Uebel 1997, p.94).

Hacia mediados del siglo XX, Philipp Frank señalaba que la física había generado una insatisfacción en muchas personas debido a su lejanía con el *sentido común*. Él entendía esa insatisfacción como consecuencia de que los conceptos y principios de la ciencia se habían hecho cada vez más difícil de interpretar en términos inteligibles para el sentido común. Frank también consideraba que esta situación se había intentado remediar buscando una manera alternativa de relacionar conceptos científicos con los del sentido común. "Parece, por tanto, que la queja de que la ciencia moderna se ha deshumanizado—de que la búsqueda por causas reales y explicaciones ha sido abandonada—se ha respondido por la introducción de analogías con la experiencia cotidiana" (Frank 2021, p.108). Sin embargo, esta idea de relacionar conceptos científicos con los conceptos de *sens commun* mediante *analogías* es diferente a la idea que tenía Duhem; la cual consistía en asumir como correctos los conceptos de *sens commun* y utilizar, como representaciones de los mismos, conceptos métricos que preservaran sus características.

Otro ejemplo, es el caso de Percy Williams Bridgman (1882-1961) quien, también, al reflexionar a mediados del siglo XX sobre los cambios por los que había pasado la física, reconocía una nueva manera en que los conceptos científicos se habían separado de los del *sentido común*. "La teoría de la relatividad nos ha mostrado…que los conceptos de sentido común aparentemente simples son, de hecho, complejos cuando tratamos de aplicarlos a situaciones más allá de los límites de la experiencia cotidiana…estamos descubriendo que, de hecho, el mundo no está construido de acuerdo con las preconcepciones del sentido común" (Bridgman 1955, p.267). Él también señaló que "como mínimo, de aquí en adelante no podemos ver a un hombre como bien educado si no reconoce intuitivamente que el sentido común no puede tomarse como dado…" (Bridgman 1955, p.277). El mismo Bridgman intentó promover el *operacionalismo*, una postura que sostiene que todos los conceptos científicos deben definirse con base únicamente en operaciones de medición, pero que resultó poco convincente.[299]

Los cambios implícitos que se generaron entre los conceptos de la física y los de *sens commun* durante el siglo XX podría explicar que se hayan originado dificultades en la física posterior, como la de producir interpretaciones adecuadas de la mecánica cuántica; lo que aún hoy en día genera importantes debates en filosofía de la física. En retrospectiva, podemos concluir que Duhem se equivoca al asumir que los juicios en física deben ser

[299] Sin embargo, una nueva versión del *operacionalismo* ha sido defendida recientemente por Hasok Chang (2004 y 2021).

guiados por una relación constante y fija con el *sens commun*; tal relación cambia con el desarrollo histórico de la física. Las generalizaciones del *sens commun* pueden estar más sujetas a revisión de lo que él consideraba.

Conclusiones

Como señalé en la introducción, la tesis que he buscado establecer con los capítulos anteriores consiste en mostrar que:

> *El bon sens de Duhem, que es su respuesta a los experimentos de testeo que producen resultados negativos, debe interpretarse como un asunto central de lo que en la época se discutía en términos de lógica de las hipótesis, discusión de la cuál Duhem era ajeno. Duhem consideraba que las inferencias y juicios que tradicionalmente se consideraban suficientes para la formulación y testeo de hipótesis eran, de hecho, insuficientes para elegir racionalmente las hipótesis. Explícitamente Duhem reconoce que la lógica deductiva es insuficiente para elegir hipótesis, y la salida que propone implícitamente se puede interpretar como una lógica de las hipótesis.*

Dicha tesis se apoya en las conclusiones que derivan de los análisis de cada capítulo, las cuales son algunas de *historia de la filosofía de la ciencia* y otras de *filosofía de la ciencia* propiamente.

Las conclusiones respecto de la historia de la filosofía de la ciencia son:

1. *Duhem propone sus argumentos sobre el testeo de hipótesis en un contexto histórico y científico en el que se debatía las concepciones tradicionales sobre el uso de juicios e inferencias que requiere la investigación en física; además de que se proponían nuevas concepciones sobre las funciones de dichos juicios e inferencias.* Como vimos en los capítulos de la *segunda parte* y *tercera parte*, el estudio del contexto muestra que, al igual que Duhem, otros autores de la época interesados en la física (Hertz, Mach, Boltzmann, Poincaré, Peirce, Dewey y Einstein) reconocían dificultades que buscaron resolver mediante sus análisis sobre el uso de *hipótesis*. Dichas dificultades estaban relacionadas con una *crisis* en la física de finales del siglo XIX cuyo alcance no siempre se ha reconocido. Aunque se suele resaltar las dificultades que, posteriormente, llevaron a la formulación de la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica (como las dificultades en electrodinámica respecto de los cambios de marcos de referencia o la falta de descripciones matemáticas apropiadas para casos como los de la radiación de cuerpo negro), la crisis de la física tenía un alcance mayor. Lo que ahora conocemos como *mecánica clásica* enfrentaba dificultades relevantes. Hacia finales del siglo XIX, el uso de conceptos como el de ‘fuerza’ en mecánica se había vuelto

problemático, había importantes discusiones en la mecánica de medios continuos y la pertinencia del atomismo dividía las opiniones de los físicos.

Los proyectos para resolver esas dificultades no se limitaban a revisar definiciones aisladas, sino las relaciones entre conceptos teóricos. Es decir, se buscaba revisar los *sistemas teórico*s en conjunto, de manera *holista*. Una de las estrategias para este fin era reconstruir las teorías en *esquemas deductivos* claros, para eliminar posibles contradicciones. Los conceptos de la física debían definirse a partir de su función en dichos esquemas, por lo que se les comenzó a separar de los conceptos cotidianos de *sentido común*. Sin embargo, las concepciones tradicionales acerca de cómo formular los *principios de deducción* de las teorías estaban siendo abandonadas. El descubrimiento de las geometrías no euclidianas mostraba que los axiomas no son verdades necesarias; y los alcances del *método inductivo* le parecieron insuficientes a los físicos. De manera que los físicos reconocieron la necesidad de concebir los principios de las teorías como *hipótesis* tentativas, pero quedaba abierta la cuestión de cómo debían formularse.

Duhem y otros autores de su época reconocían que la investigación en física se conduce principalmente mediante *inferencias deductivas*, las cuales se usan de manera que puedan ser controladas por las reglas bien establecidas de las matemáticas; sin embargo, también consideraban que había casos, como los de uso y *testeo de hipótesis*, en que dichas reglas resultaban insuficientes. Ellos, además, consideraban que las *inferencias inductivas* (simples o enumerativas), aunque seguían siendo importantes, tenían una función mucho más limitada de lo que se había pensado, por lo que su uso tampoco resulta suficiente en algunos casos de *testeo de hipótesis*. No obstante, ellos rechazaban claramente que fuera adecuado formular *hipótesis* y decidir sobre su abandono de manera arbitraria.

Duhem propone sus argumentos sobre el testeo de hipótesis en un contexto histórico en el que se debatía sobre el uso adecuado de juicios e inferencias para la investigación en física, es decir, se debatía sobre la lógica del uso de hipótesis.

2. *Pierre Duhem utilizó el concepto de bon sens como un tipo de juicio práctico que debía complementar al uso de inferencias deductivas e inductivas en la investigación en física. Sin embargo, él no describe dicho juicio con claridad ni precisión. Una lectura global de su obra, junto con el contexto de las investigaciones que los físicos de la época llevaron a cabo respecto del testeo de hipótesis, permite clarificar su concepción de dicho juicio hasta cierto punto. Respecto de las características del bon sens*:

I. La revisión crítica de la literatura en el capítulo 1 muestra que la mayor parte de las interpretaciones problemáticas de la obra de Duhem asumen que el *bon sens* es un medio para elegir entre t*eorías completas*. Dicho capítulo, también muestra que, más bien, el *bon sens era el medio por el cual Duhem considera que se decide qué estrategia seguir (cómo proceder)* en casos de *testeo de hipótesis* en que se obtienen resultados recalcitrantes; las estrategias en cuestión pueden involucrar la conservación de la hipótesis que se somete a test o su abandono. En otras palabras, el *bon sens de Duhem, no está pensado como un medio para la elección de teorías (completas) subdeterminadas por la evidencia, sino para la elección de estrategias de investigación en casos en que los experimentos de testeo producen resultados negativos.* Esto también lo apoyan los capítulos 6 y 7. La elección que hace el *bon sens* se trata de una elección sobre *diferentes cursos de acción para articular una teoría que está en proceso de ser establecida*, no sobre teorías completas y terminadas. Como vimos en el capítulo 1, no reconocer la diferencia entre elección de *teorías* y elección de *estrategias de investigación* genera dificultades de interpretación, ya que Duhem señala que la *elección de teorías* sólo se puede llevar a cabo, de manera objetiva, mediante la predicción de un nuevo fenómeno. Sin embargo, el hecho de que él señale que los *experimentos cruciales* no son conclusivos al elegir hipótesis y que se requiere de un *juicio*, además de la predicción de un nuevo fenómeno, indica que él entiende esta elección de manera *diferente* a la elección de teorías. Rechazar que él considere que hay diferencias entre la elección de teorías y la elección de estrategias de investigación implicaría que Duhem es inconsistente respecto de si la predicción de nuevos hechos resuelve la elección de teorías.

II. Los capítulos de la segunda parte (2, 3, y 4) muestran que Duhem formuló el concepto de *bon sens* en un contexto en que los físicos de su época buscaban identificar un tipo de juicio que controlara las inferencias que se llevan a cabo en el proceso de formular y testear hipótesis. En la época se estaba abandonando la idea de que los principios de deducción de las teorías pudieran entenderse como resultado de inferencias inductivas o verdades evidentes. Se enfatizaba, ahora, el testeo a partir de las consecuencias de las teorías. Sin embargo, se reconocían también que los razonamientos deductivos eran insuficientes como para someter a test las hipótesis individualmente. Al mismo tiempo, nadie parece haber sostenido que las hipótesis

pudieran ser completamente arbitrarias. Esto motiva la suposición de que *el bon sens, dado que Duhem lo menciona al describir casos de testeo de hipótesis, era un juicio que se elaboraba mediante inferencias que él no reconoce como deductivas ni como inductivas, pero que debía responder a la dificultad de la época de guiar el uso y testeo de hipótesis*.

III. Los mismos capítulos de la segunda parte (además del capítulo 8) muestran que los autores de la época de Duhem consideraban que el tipo de *juicio* que se requiere en el *testeo de hipótesis* era similar al que se hace en contextos prácticos. Esos *juicios* se usaban para escoger, en casos de incertidumbre, entre acciones alternativas a seguir. Sin embargo, los físicos/filósofos de la época parecen haber tenido dificultades para encontrar términos y descripciones claras para el tipo de *juicio* que intentaban señalar. Ellos se refieren a los 'hábitos del pensamiento originados en procesos evolutivos de adaptación y actividades culturales' (Mach y Boltzmann), criterios de 'conveniencia' (Hertz y Poincaré), juicios elaborados mediante '*abducción'* (Peirce) o intuiciones (Einstein). El tipo de *juicio* que ellos señalan debía controlar la formulación y *testeo de hipótesis* evitando conclusiones arbitrarias. Sin embargo, ese *juicio* también se entendía como elaborado con base en conclusiones, en parte, *inconscientes* o que se describían como algo que se *siente* más que se piensa; es decir, se elaboran mediante un tipo de *inferencia* no del todo clara. La corrección del tipo de *juicio* en cuestión debía evaluarse a partir de sus consecuencias, las cuales debían consistir en producir *éxito práctico* al integrar y coordinar los procesos de investigación. Este contexto sugiere que *Duhem también utiliza el término bon sens para referirse a un tipo de juicio como el que otros físicos de su época buscaron identificar y caracterizar*.

IV. Los capítulos 1, 5 y 6 muestran que Duhem *utiliza los términos bon sens y sens commun de maneras diferentes en algunos casos, pero no siempre fue consistente con la distinción.* La distinción ha sido reconocida en la literatura reciente, pero considero que ésta no ha visto al *bon sens* como un *juicio* que se usa principalmente en actividades prácticas (de la *experiencia cotidiana*), precisamente, debido a ella. Es decir, que Duhem distingue *bon sens* de *sens commun* parece indicar que él busca separarlo de las actividades prácticas cotidianas. Sin embargo, como vimos en el capítulo 6, *Duhem no siempre fue consistente con la distinción y una lectura global de su obra muestra que los dos términos, sens commun y bon sens, se utilizan sólo*

para enfatizar aspectos diferentes del tipo de pensamiento que se lleva a cabo en actividades cotidianas. Lo que el uso de los términos distintos busca diferenciar era la acepción en que buen sentido (bon sens) se entiende como un tipo de juicio práctico para enfrentar situaciones de incertidumbre en la experiencia cotidiana y la acepción en que el sentido común (sens commun) se entiende como un conjunto de creencias y generalizaciones ampliamente aceptadas. Además, otro aspecto que falta precisar en la literatura reciente es que el uso aparentemente inconsistente de la distinción *bon sens* y *sens commun* en la obra de Duhem se puede explicar reconociendo que el término *sens commun* puede referirse al de *bon sens* en algunos casos, ya que se trata de un término más general. Entender al término *bon sens* como un tipo de juicio y al término *sens commun* como un término que puede referirse, o bien al mismo tipo de *juicio*, o bien a un conjunto de verdades comúnmente aceptadas, esclarece la distinción de una manera que no se ha precisado suficientemente en la literatura sobre Duhem. En pocas palabras, la aparente inconsistencia en el uso de la distinción entre *bon sens* y *sens commun* se puede resolver reconociendo que éste último término tiene varias acepciones y que en una de ellas coincide con la de *bon sens* (como juicio práctico), mientras que en otras se refiere a algo diferente; creencias comunes en vez de juicio práctico.

V. El *bon sens es un juicio que Duhem considera del ámbito de la experiencia cotidiana*. El capítulo 6 muestra que la lectura cuidadosa de *La Ciencia Alemana* lleva a la conclusión de que Duhem consideraba que las ciencias dependen fuertemente del *bon sens* en las primeras etapas de su desarrollo, para asociar hipótesis con consecuencias, pero que esa dependencia cambia cuando las ciencias, como en el caso de la física, adoptan el tipo de conceptos métricos que facilitan el *razonamiento matemático*. A partir de ese punto el *bon sens*, de acuerdo con Duhem, sólo se usa cuando el razonamiento matemático y las inferencias deductivas resultan insuficientes. En consecuencia, *el bon sens es un tipo de juicio que comúnmente se usa en contextos en los que no resulta adecuado el razonamiento matemático preciso y, en tales ámbitos, permite asociar ideas imprecisas con posibles consecuencias*. Dado que Duhem distingue sólo entre física y experiencia cotidiana (y que considera que el razonamiento en física es guiado principalmente por el razonamiento matemático-deductivo), el *bon sens es un juicio del ámbito de la experiencia cotidiana*. Esta conclusión se apoya también en la descripción que hace Duhem de

la metodología de ciencias que no dependen del *razonamiento matemático*, como la fisiología, la cual describe como '*sentido común agudizado*'.

VI. Los capítulos 6 y 7, también muestran que Duhem consideraba que el uso del *bon sens* involucra atribuir *valores* relativos a diferentes hipótesis al decidir sobre las estrategias alternativas a seguir en la investigación (como vimos especialmente en la sección 7.2). *Tal valoración, no se hace considerando una lista fija y jerárquica de valores, sino que se hace de manera diferente en cada caso a partir de los fines de la investigación.*

VII. El capítulo 7 también resalta el hecho de que, de acuerdo con Duhem, el juicio de *bon sens* se utilice sólo en casos en que *razonamiento deductivo* (e inductivo) resulta inadecuado, y que asocia ideas imprecisas con consecuencias, lo que indica que opera con *cualidades*, más que con cantidades. Es decir, *el juicio de bon sens requiere de un tipo de inferencia que se lleva a cabo a partir de la percepción de un tipo de cualidad*. Este aspecto del *bon sens* es sugerido por Duhem, pero él no lo elabora y sólo la comparación de sus argumentos con los de otros lógicos de la época, como John Dewey, lo hace evidente. Sin embargo, cuestiones respecto de qué tipo de cualidad se trata y hasta qué punto la *inferencia* es confiable quedan sin responder por parte de Duhem. A lo más, Duhem parece sugerir que así como en la *experiencia cotidiana* una situación puede producir sensaciones de incomodidad, agrado o desagrado, así un caso de investigación puede producir sensaciones similares, lo que nos hace inferir que cierta estrategia es más adecuada que otra. La manera en que percibimos el caso en cuestión y la inferencia que hacemos se basa en *hábitos*, por lo que dicha inferencia puede ser más o menos confiable; el investigador debe determinar esa confiabilidad a partir de su experiencia y su conocimiento de la historia de la ciencia (ya que, de acuerdo con Duhem, ambas cosas forman las disposiciones de los científicos hacia las hipótesis). Pero como es difícil saber quien tiene *bon sens*, es decir, quién hace la inferencia de manera más adecuada (ya que diferentes personas con diferentes hábitos y conocimientos la harán de manera diferente), la estrategia debe probarse y después determinamos qué el juicio fue correcto (fue de *bon sens*) a partir de las consecuencias. La validez del *juicio* se evalúa en la medida en que la estrategia escogida da cuenta del resultado experimental recalcitrante y lleva a nuevos descubrimientos. Es decir, en la medida en que un *juicio* sobre estrategias alternativas de investigación nos lleva,

eventualmente, a construir teorías lógicamente unificadas y con mayor alcance predictivo es la medida en que reconocemos que dicho juicio fue uno de *bon sens*.

En resumen, el *bon sens es un juicio práctico para escoger entre estrategias alternativas a seguir en casos de incertidumbre en el testeo de hipótesis; dicho juicio involucra la inferencia de posibles consecuencias de las hipótesis, a partir de la percepción de aspectos cualitativos que evocan las alternativas, e implica valorar dichas inferencias con base en los fines de la investigación*.

3. El capítulo 7 muestra, también, que *algunos aspectos de la filosofía de John Dewey permiten elaborar con mayor claridad cómo es que un juicio puede tener las características, y cumplir las funciones, que Duhem atribuye al bon sens*. Dewey propone una concepción de *juicio práctico* que se entiende como medio para transformar y reconstituir un todo contextual en el que se produce la investigación y al que llama *situación*. El *juicio* es guiado por el reconocimiento de una *cualidad* generalizada que se puede reconocer en toda *situación* y que se *siente* más que se piensa. Las *sensaciones* que produce esa *cualidad* guían los *juicios* para transformar la *situación*, en ese proceso el objetivo o fin de la investigación queda establecido porque permite lograr el cambio *cualitativo* que se reconoce como satisfactorio. Con el establecimiento de dicho objetivo o fin, los componentes de la *situación* adquieren *valor* por su función como medios para alcanzarlo. Así, se puede entender cómo un *juicio* puede tener las características y funciones que Duhem atribuye al *bon sens* si asumimos que se refiere a algo similar a lo que describe Dewey. En particular, podemos hacer sentido de la lista de *características* del *bon sens* de Duhem (de la sección 1.4) utilizando los conceptos de Dewey (capítulo 7), de la siguiente manera:

- Se basa parcialmente en algunos criterios super-empíricos porque concierne a las sensaciones que produce la *cualidad* de la *situación*, más que a datos individuales.
- Es afectado negativamente por pasiones e intereses y, más bien, requiere *honestidad* porque no hay manera de determinar si todos los miembros de la comunidad perciben el cambio *cualitativo* de la situación más que por su propio testimonio.
- No puede reducirse a un algoritmo o lista de criterios porque cada situación posee una *cualidad* única que la distingue de otras.
- Siempre termina favoreciendo a una teoría (dado el tiempo suficiente) porque la *cualidad* de la *situación* y sus cambios se pueden reconocer de manera objetiva.

- Acelera el progreso científico porque sólo con un *juicio* que involucra a toda la situación se puede asegurar que el resultado, en conjunto, resulte más satisfactoria que la *situación* inicial
- Se cultiva por la práctica de la ciencia, ya que (como señala Dewey 7.7) la familiaridad con un campo hace más eficiente el proceso de reconocer la *cualidad* de la *situación*
- No es lógica (entendiendo aquí lógica deductiva), pero es razonable puesto que no se reduce a meras preferencias o elecciones azarosas.
- Involucra un conjunto de propiedades morales e intelectuales porque dichas propiedades son elementos que forman parte de la situación que busca completar con el *juicio práctico*.
- No es instanciado igualmente en todos los agentes porque unos pueden ser más receptivos que otros a las sensaciones que produce la situación (sea por familiaridad con el campo o, incluso, por talento o genio).

En lo que respecto a las *funciones* del *bon sens*: i) es el medio para decidir sobre el abandono de *hipótesis* puesto que tal abandono puede cambiar (o no) la situación que inició la indagación de una manera *cualitativamente* satisfactoria, ii) es relevante al reemplazar hipótesis puesto que, primero, implica una *suposición* acerca de cuál es el error (lo que en sí mismo es una nueva hipótesis) y porque la misma *cualidad* de la situación guía la *inferencia* respecto de qué es lo que falta (qué tipo de *hipótesis* podría ser adecuada dada otra que hemos abandonado), iii) se usa principalmente fuera de la física para obtener consecuencias de ideas imprecisas puesto que la cada *situación* cotidiana tiene su propia *cualidad* que indica relaciones relevantes dentro de la misma; también se usa en la investigación en física porque, aunque la física posee otros recursos para derivar consecuencias (como la deducción matemática), aún posee *cualidades* distintivas.

4. *Duhem consideraba que había diferencias y continuidades entre el razonamiento que se lleva a cabo en la física y el razonamiento de la experiencia cotidiana; ambas son relevantes para entender el concepto de bon sens.* Como vimos en el capítulo 5, el razonamiento de la *experiencia cotidiana* opera con conceptos *cualitativos*, más que con conceptos cuantitativos; sus conceptos y leyes designan relaciones que reconocemos mediante la percepción y las sensaciones que producen; es decir, operan relacionando *cualidades*. Por otra parte, el razonamiento de la física, de acuerdo con Duhem, es

principalmente *matemático* y se lleva a cabo mediante *inferencias deductivas*. Los conceptos y leyes de la física no designan directamente relaciones entre aspectos de los fenómenos que podamos reconocer mediante nuestros sentidos, sino que designan *relaciones* que se establecen mediante *operaciones de medición*. Es decir, Duhem considera que hay un proceso natural mediante el cual asociamos ideas con *cualidades* que percibimos, pero en la física ese proceso requiere etapas intermedias que consisten en los procesos de medición. Podemos reconocer, por ejemplo, que un objeto es cálido a partir de las sensaciones que genera en nosotros. El proceso de experiencia *cotidiana* mediante el cual asociamos "calor" con el objeto en cuestión puede parecer inmediato y certero, aunque impreciso, puesto que, en general, no resulta fácil explicar qué tan calientes está un objeto particular (usando sólo nuestras sensaciones). En contraste, atribuir una temperatura específica a un objeto requiere de un proceso cuidadoso que involucra el uso de instrumentos, materiales y teóricos. Esto hace que el resultado sea preciso, podemos distinguir el grado de temperatura de los objetos de manera mucho más fina con instrumentos que con nuestras *sensaciones*; pero, en consecuencia, el concepto 'temperatura' ya no está asociado tan directamente a *sensaciones*, sino a una relación definida por operaciones de medición.

Los conceptos cuantitativos que produce la física a partir del uso de la medición hace posible llevar a cabo el razonamiento, en física, de manera casi exclusivamente matemática. Esto no es posible con los conceptos cualitativos de la *experiencia cotidiana*, ya que, ésta no tiene, en general, el grado de claridad y precisión qué Duhem considera que es necesario para el r*azonamiento matemático-deductivo*. No obstante, la relación entre ambas formas de experiencia es genética, es decir, el razonamiento de la física emerge del cotidiano, pero es más preciso gracias al uso de conceptos métricos y de las reglas de deducción implícitas en las matemáticas. Es decir, el razonamiento en física es un refinamiento del razonamiento del ámbito de la *experiencia cotidiana*. Los conceptos de la física funcionan como *signos*, de acuerdo con Duhem, los cuales representan, mediante medición, características de los fenómenos que reconocemos en la *experiencia cotidiana*, pero con una mayor precisión. En la medida que la física desarrolló medios conceptuales y reglas para hacer claras las *inferencias deductivas*, así como para detectar aquellas que son inválidas, ésta abandona la referencia a *cualidades* en sus conceptos, lo que es característico del razonamiento de la *experiencia cotidiana*. Por un lado, esto hace posible que, en física, utilicemos el razonamiento preciso de las matemáticas, pero, por otro, se hace menos claro cómo esos razonamientos y sus consecuencias están conectadas con las sensaciones.

Sin embargo, el razonamiento en física nunca abandona por completo, en la concepción de Duhem, la necesidad de hacer uso de *juicios* propios del ámbito de la *experiencia cotidiana*. Esto se debe a que el uso del *razonamiento matemático deductivo* no especifica reglas adecuadas a seguir en todos los casos de investigación en física; como el caso en que el *testeo de hipótesis* produce resultados recalcitrantes. En un *experimento de testeo*, por ejemplo, podemos inferir errores en una variedad de supuestos implicados en el experimento y las reglas de las matemáticas o de los silogismos no proveen elementos de juicio para decidir. Sin embargo, en la *experiencia cotidiana* nos enfrentamos a situaciones en que elegimos entre alternativas, en casos de incertidumbre; Duhem considera que esto lo hacemos mediante la sensación que nos producen las alternativas y valorando dichas sensaciones a partir de los fines de la investigación.

En pocas palabras, *Duhem reconoce dos diferencias entre la física y la experiencia cotidiana, así como dos maneras en que la primera es continua con la segunda*. Respecto de las diferencias: reconocemos los hechos que designan los conceptos de la *experiencia cotidiana* mediante el uso de nuestros sentidos, mientras que reconocer los hechos que designan los conceptos de la física requiere la mediación de operaciones de medición. Segundo, los conceptos de la *experiencia cotidiana* no tienen el grado de claridad y precisión que requeriría el uso del *razonamiento matemático*, mientras que los de la física son formulados precisamente para hacer esto posible. Respecto de la continuidad: primero, los conceptos de la física representan, mediante medición, características de los fenómenos que reconocemos en la *experiencia cotidiana*, pero de manera precisa. Segundo, un tipo de *juicio* de la *experiencia cotidiana*, el *bon sens*, se sigue usando en física, cuando el razonamiento matemático-deductivo resulta inadecuado.

Entender las diferencias y continuidades que Duhem reconoce entre la experiencia cotidiana y la experiencia de la física es importante para el estudio del *bon sens* porque, como vimos en el capítulo 7, el *bon sens* es un tipo de juicio de la *experiencia cotidiana*, por lo que reconocer las características que él atribuye a dicha *experiencia cotidiana*, y su papel en la física, clarifica también su concepto de *bon sens*.

5. *Duhem consideraba que la inducción tenía una función relevante en la investigación en física*. En la literatura sobre Duhem es común enfatizar su crítica a lo que él llama '*método newtoniano'*, el cual consiste en inferir hipótesis a partir de la *inducción* simple, o enumerativa. La crítica de Duhem a dicho método se ha tomado como evidencia de que él rechazaba por completo el uso de la *inducción* en física, sin embargo, dicha

conclusión va más allá de lo que él buscaba señalar. Como vimos en el capítulo 5, Duhem claramente enfatiza la importancia de la *inducción* para establecer, lo que él llama, '*leyes experimentales*'. Este énfasis en la importancia de la *inducción* lo hace Duhem en textos provenientes de diferentes épocas, por lo que la explicación según la cual él abandonó la confianza en la *inducción* después de escribir sus primeros textos no es convincente. En otras palabras, que Duhem señale las limitaciones del uso de la *inducción* para formular hipótesis no implica que rechazara su importancia para otros aspectos de la investigación en física. Además, en los capítulos 2 y 4 vimos que Hertz distingue los procesos para formular teorías de los que se requieren al formular representaciones; así como vimos que Peirce distingue el tipo de inferencia que se utiliza al formular leyes y fórmulas de físicas del tipo de inferencia que se usa al formular hipótesis y teorías. Es decir, resulta razonable concluir que Duhem veía la formulación de leyes de manera distinta a como entendía la formulación de hipótesis, ya que otros físicos de la época (como Peirce y Hertz) también veían esos procesos como diferentes. Lo que sucede es que, *en la época, hay un interés, por parte de quienes realizaban investigaciones en física, de identificar las diferentes funciones que tienen distintos tipos de inferencias en los procesos de descubrimiento. Se buscaba elaborar una lógica de investigación.*

6. *El bon sens es un intento de responder a una dificultad de la lógica de la investigación científica*. Aunque Duhem es ambiguo al hablar del *bon sens*, analizar la manera en que él usa dicho término muestra que hay notables similitudes con los estudios que, en su época, se hacían sobre la *lógica* del uso de hipótesis en ciencia. En primer lugar, que el uso de hipótesis hiciera necesario un tipo de *juicio* cuyo origen se reconocía en actividades prácticas de la *experiencia cotidiana* era algo que los lógicos de la época, como John Venn, reconocían (como vimos en el capítulo 7). En segundo lugar, la idea de que las valoraciones que hacemos en un *juicio práctico*, como el *bon sens*, no pueden hacerse siempre de la misma manera y que dependen de los fines de la investigación, era algo que John Dewey consideraba parte del estudio de la *lógica* de dichos *juicios*. Finalmente, el reconocimiento de que el razonamiento, aun en ciencias altamente teóricas y matemáticas, nunca se desentiende completamente de consideraciones *cualitativas* de algún tipo, también, era una conclusión que estaban articulando quienes, en la época, estudiaban la lógica de la investigación científico (como Dewey).

Si entendemos lógica en el sentido amplio del estudio de las inferencias que se producen en una investigación, así como los procesos por los que reconocemos su validez,

la elaboración de juicios prácticos, frente a resultados recalcitrantes en un experimento de testeo, es asunto de lógica. Comúnmente, sin embargo, se suele entender como lógica al estudio de inferencias estrictamente deductivas y, a lo más, se ha estudiado la lógica de inferencias inductivas. Aunque dichos estudios, sin duda, pertenecen a la lógica, no hay razón para limitar el estudio de la lógica a dichas inferencias; el control de las inferencias en los juicios que se elaboran en la investigación científica será parte necesaria de la lógica en la medida que reconocemos que el pensamiento que se lleva a cabo en dichas investigaciones genera sus propias reglas de inferencia y estándares de prueba.

7. *El rechazo de Duhem a la relatividad especial de Einstein muestra que su concepción sobre los alcances de los juicios de bon sens era limitada*. Duhem consideraba que los juicios de *bon sens* pueden ser guiados confiablemente por las creencias de *sens commun*. Los conceptos de la física, de acuerdo con Duhem, debían representar, mediante operaciones de medición, aspectos de los fenómenos que podamos reconocer mediante el uso de los sentidos; y esto es un aspecto de las hipótesis que debía tomarse en cuenta al hacer un juicio de *bon sens*, como vimos en el capítulo 8. La representación que hacen los conceptos de la física de los fenómenos, mediante operaciones de medición, no debe cambiar los conceptos de la *experiencia cotidiana*, de acuerdo con Duhem; éstos sólo deben representar lo que ya está en la *experiencia cotidiana*.

Sin embargo, el éxito de la relatividad especial de Einstein muestra que Duhem es excesivamente restrictivo al asumir que los *juicios* en física deben ser guiados por la conservación de una relación constante y fija entre sus conceptos y los de la *experiencia cotidiana*. Esos conceptos de la *experiencia cotidiana*, así como las creencias y generalizaciones implícitas en ellos, se pueden revisar tanto como los de la física. Einstein muestra que el análisis de los conceptos de la *experiencia cotidiana* hace evidente que sólo son confiables dentro de los ámbitos que tenemos experiencia a través de nuestros sentidos. Es decir, analizar el proceso por el cual formulamos conceptos de *experiencia cotidiana* nos permite reconocer que las creencias y generalizaciones implícitas en ellos son confiables sólo dentro del ámbito de dicha experiencia. Cuando estudiamos fenómenos más allá de esa experiencia, es decir, fenómenos que no reconocemos mediante nuestros sentidos (como los que se producen a velocidades cercanas o iguales a la velocidad de la luz), no tenemos motivo para asumir que las creencias y generalizaciones de la *experiencia cotidiana* siguen siendo confiables. Duhem consideraba que, sin la guía de las creencias de *experiencia cotidiana*, podríamos especular de maneras arbitrarias al formular conceptos, hipótesis y

teorías; sin embargo, Einstein mostró que, de hecho, hay otra manera de guiar la formulación de conceptos en ámbitos fuera de la experiencia cotidiana: *las prácticas de medición pueden ser lo suficientemente robustas como para guiar la formulación de conceptos en física, ya que estos pueden definirse relacionando operaciones de medición*.

Estas siete conclusiones apoyan la tesis principal, según la cual señala que: *el bon sens de Duhem, que es su respuesta a los experimentos de testeo que producen resultados negativos, debe interpretarse como un asunto central de lo que en la época se discutía en términos de lógica de las hipótesis, discusión de la cuál Duhem era ajeno. Duhem consideraba que las inferencias y juicios que tradicionalmente se consideraban suficientes para la formulación y testeo de hipótesis eran, de hecho, insuficientes para elegir racionalmente las hipótesis. Explícitamente Duhem reconoce que la lógica deductiva es insuficiente para elegir hipótesis, y la salida que propone implícitamente se puede interpretar como una lógica de las hipótesis.* La conclusión 1 señala la importancia del contexto histórico-científico para entender los argumentos de Duhem, sobre el *testeo de hipótesis*, como relacionados a la necesidad de la época de elaborar una *lógica* para la investigación en física. En la conclusión 2 he elaborado lo que considero que se puede decir respecto del *juicio práctico* que Duhem considera esencial para la elección de hipótesis, pero no reducible al uso de inferencias *deductivas* o *inductivas*: el *bon sens*. La conclusión 3, de hecho, muestra que las características y funciones que Duhem atribuye al bon sens se pueden entender a partir de la teoría de la lógica de la investigación elaborada por John Dewey. La conclusión 4, establece cómo Duhem considera que el *juicio* de *bon sens* vincula los tipos de razonamiento que él distingue, el de la *experiencia cotidiana* y el de la *experiencia de la física*. La conclusión 5 esclarece la función que Duhem les atribuye a las *inferencias inductivas*. Estas cinco conclusiones articulan cómo considero que Duhem concibe la *lógica de la investigación* en física, puesto que caracterizan las funciones de distintos tipos de juicios, inferencias y razonamientos en ella. Es por ello por lo que la conclusión 6 señala que el uso del concepto de *bon sens*, por parte de Duhem, es parte de una respuesta a una dificultad de *lógica de la investigación*. Finalmente, la conclusión 7 también contribuye a situar la respuesta de Duhem a dicha dificultad con la *lógica de la investigación*. Es decir, la conclusión 7 muestra que la respuesta de Duhem contenía aspectos demasiado restrictivos para la *lógica* de investigación que se desarrolló en física durante el siglo XX.

Esta última conclusión en particular, respecto de las limitaciones de la solución de Duhem sobre las dificultades de su época para articular una *lógica de la investigación*, da pie a otras conclusiones que, más allá de la *historia de la filosofía de la ciencia*, son relevantes para la *filosofía de la ciencia* como tal.

Las conclusiones respecto de la filosofía de la ciencia son:

8. *La lógica en la ciencia se transforma a lo largo de la historia de la ciencia. Es decir, la manera de entender la relevancia y funciones de diferentes tipos de inferencia en la investigación científica cambia a lo largo de la historia de la ciencia.* Algunos tipos de inferencia que, por ejemplo, son menos confiables y para los cuales no tenemos esquemas claros puede modificarse de una época a otra en la medida en que dicha disciplina desarrolla métodos confiables para controlar las inferencias. Como vimos en la sección 7.1, Duhem concibe un desarrollo en el razonamiento que comienza con el '*sentido común agudizado*' de las ciencias experimentales (como la fisiología y la química) hasta las ciencias que hacen un mayor uso del *razonamiento matemático* como la física. Un aspecto que Duhem reconoce, respecto del desarrollo histórico de la ciencia, es la manera en produce recursos (como las prácticas de medición científica) que permiten *precisar* el uso de conceptos, del razonamiento e, incluso, *controlar inferencias*. Esto último, el control de las inferencias, se hace posible al precisar las consideraciones que sirven de base a las mismas y al diferenciar los contextos en que su uso es válido de los contextos en que no lo es. Inferir consecuencias, por ejemplo, de hipótesis formuladas en proposiciones matemáticas (lo que es posible cuando se desarrollan conceptos métricos) está sujeto a un control mucho más claro y rígido que el mismo proceso cuando usamos hipótesis formuladas con conceptos vagos. La claridad y objetividad de la *deducción matemática* difícilmente se puede igualar a partir de otro tipo de razonamiento. Pero además del desarrollo que reconoce Duhem, al comparar sus conclusiones con las de Einstein, vemos que el razonamiento en la ciencia continuaba cambiando. En el capítulo 8 muestra cómo el desarrollo de teorías como la relatividad aportó una manera de guiar la formulación de conceptos e hipótesis en ámbitos alejados de la *experiencia cotidiana*: formular los conceptos sin dar prioridad cognitiva a dicha experiencia y definiéndolos a partir de *operaciones confiables de medición*.

La lógica que requiere la investigación en las ciencias es dinámica, mientras que en etapas iniciales de la física el uso de las matemáticas para controlar con claridad las *inferencias deductivas* podía ser limitado (puesto que en esas etapas no se habían formulado los conceptos métricos adecuados), en otras etapas vemos que ese control es mucho más

utilizado y con mayor alcance, al punto de que sólo en casos específicos se requiere otro tipo de inferencias. Del mismo modo, inferencias que en una etapa se realizan de manera que sólo puede describirse como *intuitiva* pueden, en otras etapas, formularse de manera más clara y precisa mediante procesos mejor definidos y entendidos.

9. Los casos de *testeo de hipótesis* que describe Duhem se han entendido en filosofía de la ciencia como casos de subdeterminación de teorías científicas por la evidencia. Dichos casos se han visto principalmente como retos al *realismo científico* y se ha cuestionado su relevancia para el análisis de la *práctica científica*. Sin embargo, el análisis de esta tesis muestra que, de hecho, *la dificultad que reconoce Duhem en el testeo de hipótesis es más relevante para el estudio de la práctica científica, que para el realismo*. Duhem detecta la posibilidad de que se generen casos en la investigación científica que generan incertidumbre sobre cómo proceder. Esos mismos casos muestran la importancia de tipos de juicio que, como lo que él llama *bon sens*, no están suficientemente estudiados o entendidos.

10. *La lógica de la investigación científica depende, en parte, de un tipo de juicio que se elabora con inferencias a partir de aspectos cualitativos de las mismas situaciones de investigación*. Es decir, la práctica científica no es una actividad meramente mecánica que consista sólo en seguir reglas matemáticas fijas. A pesar de que sí hay una variedad importante de reglas de este tipo, éstas no determinan todas las decisiones y conclusiones que están involucradas en la investigación científica. Duhem mostró con claridad que las reglas que asociamos a los *razonamientos deductivos* (implícitas en el razonamiento matemático) no son adecuadas, por ejemplo, en casos en que se producen resultados negativos en *experimentos de testeo*. Esto significa que hay consideraciones que son difíciles de formular en proposiciones, que más que medirlas se *sienten* o se *perciben*, pero que se toman como base para la inferencia en algunos casos. Esto se puede apreciar a partir del énfasis que pone Duhem en el "*sentimiento*", o la *intuición.* Si bien esta conclusión puede parecer una obviedad (nadie negará qué la investigación en física consiste en más que manipular ecuaciones mecánicamente) la cuestión de cómo hacemos inferencias a partir de la percepción de aspectos *cualitativos* de la investigación, y cómo juzgamos sobre su validez, no siempre es reconocida. Independientemente de que tan adecuada o inadecuada, clara o vaga, sea la manera en que Duhem articula esta cuestión, él muestra que un aspecto relevante del estudio de la práctica científica es entender cómo determinamos el alcance y la adecuación de las inferencias que se producen a partir de dichos aspectos *cualitativos* de la investigación en física. En la medida que los *juicios* que hacen los científicos a partir de

aspectos *cualitativos* implícitos en las situaciones de investigación no estén bien entendidos, no será posible dar cuenta de cómo todos los procesos relevantes de una investigación.

Pretender que la lógica de la ciencia se puede entender a partir sólo de reglas de inferencias *deductivas* o *inductivas*, separándolas de las inferencias y juicios que hacemos intuitivamente en la *experiencia cotidian*a, creará dificultades artificiales en el estudio de la investigación científica. Aquellas situaciones que, como el *testeo de hipótesis*, requieren juicios e inferencias de otro tipo que los basados en reglas familiares de deducción o inducción, se entenderán como *arbitrarias*. En pocas palabras, *una lógica basada solamente en inferencias que no reconocen esos aspectos cualitativos de la investigación está condenada a ser insuficiente para caracterizar la investigación científica*.

11. *El estudio de la historia de la filosofía de la ciencia puede clarificar problemas de filosofía*. Una manera de ver a los problemas filosóficos es como fijos y eternos, pero otra es entenderlos como resultado de situaciones históricas concretas. En la medida en que aislamos a los problemas de las condiciones que los generaron corremos el riesgo de crear problemas artificiales, sin relevancia. El hecho de que hay filósofos de la ciencia (como vimos en la sección 1.1) que rechazan la relevancia de tesis como la de la *subdeterminación* de teorías científicas para la práctica científica, sugiere que esto ha sucedido en discusiones sobre la filosofía de Duhem. El estudio del contexto histórico relevante no solo clarifica dificultades de interpretación, sino que hace evidentes preocupaciones que han sido importantes para los científicos en el pasado y que pueden haberse perdido de vista en las discusiones posteriores.

Más aún, si reconocemos que la *lógica de la ciencia* es dinámica, es decir, que los recursos para controlar las inferencias que se producen en la investigación cambian y mejoran con el tiempo; las dificultades filosóficas que identificamos en la ciencia de una determinada época, respecto de sus procesos de *descubrimiento* y *justificación*, no necesariamente pueden concebirse de la misma forma al considerar la ciencia de una época diferente. Es decir, un entendimiento adecuado de los problemas filosóficos sobre el conocimiento científico debe formularse bajo el entendido de que la lógica de la investigación científica es cambiante. *No reconocer la dinámica histórica de la lógica de la investigación científica conlleva el riesgo de extender inadecuadamente los problemas filosóficos de la ciencia de una cierta época a la ciencia en general; además del riesgo de mal entender las dificultades que buscaban resolver los filósofos de la ciencia de una época particular, como los de inicios del siglo XX*.

Las conclusiones 8, 9, 10 y 11 también apoyan la tesis principal según la cual: *el bon sens de Duhem, que es su respuesta a los experimentos de testeo testeo que producen resultados negativos, debe interpretarse como un asunto central de lo que en la época se discutía en términos de lógica de las hipótesis, discusión de la cuál Duhem era ajeno. Duhem consideraba que las inferencias y juicios que tradicionalmente se consideraban suficientes para la formulación y testeo de hipótesis eran, de hecho, insuficientes para elegir racionalmente las hipótesis. Explícitamente Duhem reconoce que la lógica deductiva es insuficiente para elegir hipótesis, y la salida que propone implícitamente se puede interpretar como una lógica de las hipótesis*. La conclusión 8 señala que la lógica de la investigación se transforma a lo largo de la historia de la ciencia, lo que apoya la idea de que el trabajo filosófico de Duhem estaba orientado a responder a las dificultades de su época. Al mismo tiempo, dicha conclusión implica que la *lógica de la investigación científica* se debe caracterizar de manera sensible a los cambios históricos de la misma ciencia. Es decir, *con cada nueva etapa en la historia de la ciencia aprendemos algo nuevo respecto de cómo aprender sobre la naturaleza*. La conclusión 9 señala que los argumentos de Duhem sobre el *testeo de hipótesis* no son argumentos escépticos, sino que ejemplifican una manera de enfrentar la dificultad de articular los cambios en la lógica de la investigación que se producen en una época específica. El uso cada vez mayor de las matemáticas y el *razonamiento deductivo*, a finales del siglo XIX, pudo haber llevado a pensar que esto era suficiente para caracterizar la *lógica de la investigación*. Enfatizar las limitaciones de ese tipo de razonamiento era una forma de resaltar que la investigación científica nunca se separa por completo de otros tipos de razonamiento comunes en la *experiencia cotidiana*; como señala la conclusión 10. Solo un análisis de los argumentos de Duhem en su contexto científico-histórico hace evidentes las dificultades a las que dichos argumentos respondían, así como el sentido de los mismos, lo que también señala la conclusión 11.

Líneas futuras de investigación

En el proceso de desarrollar la tesis expuesta han surgido un número de posibles cuestiones que no analicé debido a que se desviaban del objetivo, pero que, sin embargo, considero que representan líneas de investigación potencialmente fructíferas. Por ejemplo, considero que la teoría lógica del *juicio* de John Dewey ofrece un punto de comparación importante con los argumentos de Duhem sobre el *bon sens*. A lo largo de los capítulos mencioné importantes similitudes entre las conclusiones de Charles Peirce y Duhem; no obstante,

considero que la afinidad de Duhem con el *pragmatismo americano* no se agota con esta comparación. En el capítulo 7 mencioné que Dewey, aunque no cita ni menciona explícitamente a Duhem, notablemente reconoce las dos connotaciones de sentido común que la literatura reciente considera que Duhem distingue con los términos *bon sens* y *sens commun*. Además, Dewey se refiere a la distinción entre la experiencia científica y la *experiencia cotidiana* en términos muy similares a los de Duhem. Más aún, Dewey también analiza tipos de *juicio* importantes para la investigación científica que se suelen describir como intuiciones u otros términos ambiguos, similares a los que usa Duhem al hablar de *bon sens*. Es decir, considero que una exposición sistemática de las coincidencias entre Dewey y Duhem puede arrojar luz sobre los aspectos menos claros de la filosofía de este último. Además, a lo largo de esta investigación he sostenido que el problema de Duhem es uno de *lógica en sentido amplio*, es decir, entendiendo a la lógica como en estudio de juicios e inferencias (que era como se entendía en la época). De manera que una línea de investigación sería *analizar las aportaciones de Duhem en el contexto más amplio de los estudios de lógica de la época indagando hasta qué punto sus preocupaciones eran similares a las que motivaban los estudios en lógica de Dewey*.

Por otra parte, en el capítulo 5 mencioné que la diferencia entre leyes, hipótesis y teorías ha sido considerada poco relevante en la filosofía de la ciencia reciente. Una tesis para investigar en un posible trabajo futuro sería que esas distinciones son relevantes para entender los procesos de *descubrimiento* científico y que la poca relevancia que se les ha dado se debe a que persiste un sesgo en la literatura que enfatiza los procesos de *justificación*; a pesar de que se ha reconocido lo inadecuado de separar *descubrimiento* y *justificación*. Duhem, al igual que Peirce (y Hertz), sí reconocía que los procesos de inferencia que utilizamos para establecer una ley en física no son los mismos que los que usamos para generar hipótesis, por lo que la distinción puede ser relevante, tanto para el estudio de los procesos de *descubrimiento* como para el estudio del conocimiento científico en general.

Una posible cuestión relacionada con el punto anterior es la función de la *abstracción* en el *método de hipótesis*. De acuerdo con Duhem, los conceptos de la física representan características de los fenómenos de manera *abstracta*, pero precisa. De igual forma, las leyes experimentales representan un sinnúmero de hechos experimentales concretos. Las teorías, a su vez, representan un sinnúmero de leyes. Es decir, Duhem consideraba que el camino de los hechos concretos a las teorías más generales se produce concibiendo representaciones

cada vez más y más *abstractas*. La *abstracción* se suele entender como un proceso en el que se omiten propiedades concretas de un objeto o evento. Sin embargo, *además de omitir*, bien puede ser necesario *agregar* propiedades a las representaciones cuando concebimos una idea *abstracta*. Esa parece ser la razón del antirrealismo de Duhem, ya que él considera que las hipótesis no pueden ser meras generalizaciones de las leyes y, por tanto, tienen contenido que no proviene de la experiencia. *Analizar en qué medida la formulación de hipótesis puede entenderse como un proceso de abstracción y hasta qué punto ese proceso puede ser confiable podría tener implicaciones para el entendimiento del realismo científico*.

Por otra parte, en el capítulo 8 analicé el rechazo de Duhem a la *relatividad especial* señalando que tal rechazo es consecuencia de cómo él consideraba que el sentido común (o *sens commun*) debía controlar la formulación de hipótesis y conceptos. En contraste con la posición de Duhem, Einstein utilizó principios que representaban conclusiones de *prácticas de medición robustas*, como la de la velocidad de la luz. Una posible investigación futura puede ser intentar analizar hasta qué punto las *prácticas de medición científica* han reemplazado la función del *sentido común* en la física del siglo XX, en contraste con la física del siglo XIX. En particular, considero que analizar ese reemplazo en la formulación de la otra teoría importante de inicios del siglo XX, la *mecánica cuántica*, puede aportar a los debates que se han presentado en filosofía de la física respecto de sus posibles interpretaciones.

Otra cuestión es la caracterización adecuada de la crisis que enfrentaba la física hacia finales del siglo XIX. Tradicionalmente se ha considerado que eran la *termodinámica* y el *electromagnetismo* (lo que incluía a la óptica) las áreas de la física que mostraron tensiones que, eventualmente, llevarían a la *relatividad* y la *mecánica cuántica*. Al mismo tiempo se suele pensar que la *mecánica clásica* estaba bien establecida y no era problemática. Sin embargo, dicha concepción contrasta fuertemente con las actitudes de los autores de la época respecto de la mecánica. Mach y Duhem se sintieron motivados a revisar la historia de la mecánica, mientras que Hertz revisó sus fundamentos. Tales actitudes parecen fuera de lugar para físicos que pensaban en la mecánica como una ciencia clara y bien establecida. Al respecto Mark Wilson (2017 y 2021) ha sostenido que, de hecho, la *mecánica clásica* pasaba por una profunda crisis, la cual fue oscurecida posteriormente por los nuevos descubrimientos en relatividad y mecánica cuántica. El mismo trabajo de Wilson está orientado a mostrar cómo esa crisis motivó muchas de las reflexiones de los físicos/filósofos de entonces. Aunque a lo largo de este trabajo he mencionado las aportaciones de Wilson

para entender el contexto del trabajo de Duhem, considero que aún hay muchos aspectos de la *crisis en la mecánica clásica* de finales del siglo XIX que se pueden explorar. En particular, considero que Wilson no explora con detenimiento la influencia que esa crisis pudo tener en autores como Mach y Poincaré.

Finalmente, considero que hay motivos para sospechar una posible influencia de autores como Thomas Reid en Duhem, ya que Reid es conocido por defender un sistema filosófico basado en el concepto de *sentido común* y llegó a expresar una crítica al concepto de *experimento crucial* notablemente similar a la de Duhem. En general, considero que la historia de las críticas al concepto de *experimento crucial* no se ha explorado suficientemente; pero es un tema con potencial para esclarecer aspectos relevantes de cómo surgió el entendimiento contemporáneo del *método de hipótesis* y las dificultades que se han presentado en el análisis filosófico del mismo.

Bibliografía

Acuña, P., 2014. “On the Empirical Equivalence between Special Relativity and Lorentz’s Ether Theory”, *Studies in History and Philosophy of Science Part B – Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 46 (1), pp. 283–302.

Acuña, P. y D. Dieks, 2014. “Another Look at Empirical Equivalence and Underdetermination of Theory Choice”, *European Journal for Philosophy of Science*, 4 (2), pp. 153–180.

Andreas, H., 2021. “Theoretical Terms in Science”, *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/theoretical-terms-science/>.

Ariew, R., 1984. “The Duhem Thesis”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 35 (4), pp.313-325.

_____, 2022. “Pierre Duhem”, en E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* Recuperado de https://plato.stanford.edu/archives/spr2022/entries/duhem/>.

Ariew, R., y Barker, 1986. “Duhem on Maxwell: A Case-Study in the Interrelations of History of Science and Philosophy of Science.” *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, Volume One, pp.145-156.

Aristóteles, *Posterior Analytics*, Jonathan Barnes (trad.), (2° ed.), Oxford University Press.

Ben-Menahem, Y., 2001. “Convention: Poincaré and Some of His Critics”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 52(3), pp.471-513.

_____, 2006. *Conventionalism: From Poincaré to Quine*. Cambridge University Press.

Bergson, H., 1895/2002. “Good Sense and Classical Studies”, en *Henri Bergson Key Writings*, Keith Ansell Pearson y John Mullarkey (eds.), Malissa Mcmahon (trad.), New York and London, Continuum, pp.345-353.

Bhakthavatsalam, S., 2015. “The rationale behind Pierre Duhem’s natural classification”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 51, pp.11-21.

_____, 2017. “Duhemian good sense and agent reliabilism”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 64, pp.22-29.

Blackmore, J., T., 1972. *Ernst Mach: His Work, Life, and Influence*, Berkeley y Los Angeles, California, University of California Press.

Blunt, H., W., 1911. “Logic”. En *Encyclopaedia Britannica*. 11th ed. Vol. 16. pp.879-918.

Boltzmann L., 1974. *Theoretical Physics and Philosophical Problems. Selected Writings*, D. Reidel Publishing Company.

Bordoni, S., 2012. *Taming complexity: Duhem’s third pathway to Thermodynamics*, Editrice Montefeltro.

Born, M., y Wolf, E., 1980. *Principles of Optics*, 6th ed., Cambridge University Press.

Bradley, C., 2021. “The Non-Equivalence of Einstein and Lorentz”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, 72 (4), https://doi.org/10.1093/bjps/axz014 [fecha de consulta: 10/05/2020].

Brenner, A., 1990a. “Holism a Century Ago: The Elaboration of Duhem’s Thesis”, *Synthese*, 83 (3), pp.325-335.

_____, 1990b. *Duhem, Science, Réalité et Apparence*, Paris: Vrin.

Bridgman, P., W., 1955. “Science and Common Sense”, *ETC: A Review of General Semantics*, 12 (4), pp.265-277.

Brown, M., J., 2012. “John Dewey’s Logic of Science”, *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 2 (2), pp.258-306.

Brush, S., 1999. “Why Was Relativity Accepted?”, *Physics in Perspective*, 1 (2), pp. 184–214.

Bryant, J., H., 1998. “Heinrich Hertz’s Experiments and Experimental Apparatus: His Discovery of Radio Waves and His Delineation of their Properties”, en *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Davis Baird, R. I. G Hughes y Alfred Nordmann (eds.), Springer, Dordrecht, pp.39-58.

Bunge, M., 1970. “Theory meets Experience”, en *Mind, Science, and History*, Howard E. Kiefer y Milton K. Munitz (eds.), Albany, State University of New York Press, pp.138-165.

Burton, R., G., 2000. “The Problem of Control in Abduction”, *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 36(1), pp.149-156.

Canales, J., 2015. *The Physicist and the Philosopher. Einstein, Bergson, and the Debate that Changed our Understanding of Time*, Princeton University Press, Nueva Jersey.

Carnap, R., 1937. *Logical Syntax of Language*, Amethe Smeaton (tad.), Londres, Routledge.

_____, 1966. "Theories and Nonobservables", en *Rudolf Carnap Philosophical Foundations of Physics: An Introduction to the Philosophy of Science*, Martin Gardner (ed.), New York, London: Basic Books, Inc., pp.225-231.

Cartwright, N., 1983. *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press.

Cercignani, C., 1998. *Ludwig Boltzmann. The Man Who Trusted Atoms*, Oxford: Oxford University Press.

Chalmers., A., 2013. "Atomism from the 17th to the 20th Century", en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/spr2019/entries/atomism-modern/>.

Chang, H., 2004. *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*, New York: Oxford University Press.

_____, 2012. *Is Water H_2O? Evidence, Realism and Pluralism*, Springer.

_____, 2021. "Operationalism", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/fall2021/entries/operationalism/>.

Chiappin, J., R., N., y Laranjeiras, C., C., 2017. "Duhem's Critical Analysis of Mechanicism and his Defense of a Formal Conception of Theoretical Physics", en *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, 2, pp.36-53.

Coko, K., 2015. "Epistemology of a believing historian: Making sense of Duhem's anti-atomism", *Studies in History and Philosophy of Science*, 50, pp.71-82.

Cortese, J., F., N., 2016. "Pierre Duhem, intérprete de Blaise Pascal: analogías entre discontinuidades", en *Pierre Duhem: entre física y metafísica*, Victor Manuel Hernández Márquez (coord.,), Barcelona: Anthropos Editorial; Ciudad Juárez (México): Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, pp.45-68.

Corry, L., 2006. "On the origins of Hilbert's sixth problem: Physics and the empiricist approach to axiomatization", *Proceedings of the International Congress of Mathematicians*, Madrid, Spain.

Cowles, H., M., 2020. *The Scientific Method: An evolution of Thinking from Darwin to Dewey*, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.

Crease, R., P., 2009. "Charles Sanders Peirce and the first absolute measurement standard", *Physics Today,* 62 (12), pp.39-44, doi: 10.1063/1.3273015

Darden, L., 1991. *Theory Change in Science: Strategies from Mendelian Genetics*, Oxford, Oxford University Press.

D'Agostino, S., 1998. "Hertz's View on the Methods of Physics: Experiment and Theory Reconciled?", en *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Davis Baird, R. I. G Hughes y Alfred Nordmann (eds.), Springer, Dordrecht, pp.89-102.

Darling, K., M., 2002. "The complete Duhemian underdetermination argument: scientific language and practice", *Studies in History and Philosophy of Science*, 33, pp.511-533.

Darrigol, O., 2012. *A History of Optics From Greek Antiquity to the Nineteenth Century*, Oxford y New York, Oxford University Press.

De Broglie, L., 1954. "Foreword", en *The Aim and Structure of Physical Theory By Pierre Duhem*, Philip P. Wiener (trad.), Princeton, New Jersey, Princeton University Press, pp.V-XIII.

De Courtenay, N., 2010. "The epistemological virtues of assumptions: towards a coming of age of Boltzmann and Meinong's objections to 'the prejudice in favour of the actual'?", *Studies in History and Philosophy of Science*, 41, pp.41-57.

De Groot, S., R., 1974. "Forward", en *Ludwig Boltzmann: Theoretical Physics and Philosophical Problems*, Dordrecht: Reidel Publishing Co.

Dewey, J., 1916, "The Logic of Judgments of Practice", en *Essays in Experimental Logic*, New York, Dover Publications, inc., pp.335-442.

_____, 1931. "Qualitative Thought", en *Philosophy and Civilization*, New York: Minton, Balch & Company, pp.93-116.

_____, 1938/2022. *La teoría de la investigación (1938)*, Introducción y traducción de Ángel Manuel Faerna, Prensas de la Universidad de Zaragoza.

_____, 1939. "Experience Knowledge and Value: A Rejoinder" en *The Philosophy Of John Dewey*, Paul Arthur Schilpp (Ed), Tudor Publishing Company, New York, pp.515-608.

Dietrich, M., y Honenberger, P., 2020. “Duhem’s problem revisited: logical versus epistemic formulations and solutions”, *Synthese*, 197, pp.337-354.

Dilworth, C., 2007, *Scientific Progress. A Study Concerning the Nature of the Relation Between Successive Scientific Theories*, (4°ed.), Dordrecht, The Netherlands, Springer.

Dion, S., M., 2013. “Pierre Duhem and the inconsistency between instrumentalism and natural classification”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 44, pp.12-19.

_____, 2018. “Natural Classification and Pierre’s Duhem historical work: Which relationships?” *Studies in History and Philosophy of Science*, 69, pp.34-39.

Dipert R., R., 1977. “Peirce’s Theory of the Geometrical Structure of Physical Space”, *Isis*, 68 (3), pp.404-413.

Dorling, J., 1979. “Bayesian personalism, the methodology of scientific research programmes, and Duhem’s problem”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 10 (3), 177–87.

Duhem, P., 1892/1996. “Some Reflections on the Subject of Physical Theories”, en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.1-28.

_____, 1892/2000. “Atomic Notation and Atomistic Hypotheses”, *Foundations of Chemistry*, 2, p.127-180.

_____, 1893a/1996. “Physics and Metaphysics”, en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.29-49.

_____, 1893b/1996. “The English School and Physical Theories”, en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.50-74.

_____, 1894/1996. “Some Reflections on the Subject of Experimental Physics”, en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.75-111.

_____, 1902/2002. “Mixture and Chemical Combination: An Essay on the Evolution of an Idea”, en *Mixture and Chemical Combination and Related Essays*, Paul Needham (ed. y trans.), Springer Science+Business Media Dordrecht.

_____, 1903. *L'évolution de la mécanique*, Librairie Scientifique A. Hermann.

_____, 1908/1969. *To Save the Phenomena: An Essay on the Idea of Physical Theory From Plato to Galileo*, Edmund Dolan y Chaninah Maschler (trads.), Chicago y Londres: The University of Chicago Press.

_____, 1912/1996. "The Nature of Mathematical Reasoning", en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.222-231.

_____, 1913/1954. *Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*, Vol. VI, Paris, A. Hermann.

_____, 1913/1996. "Logical Examination of Physical Theory", en *Pierre Duhem Essays in the History and Philosophy of Science*, Roger Ariew y Peter Barker (trad.), Indianapolis y Cambridge, Hackett, pp.232-238.

_____, 1915/1991. *German Science*, John Lyon (trad.), Chicago & La Salle Illinois, Open Court.

Duhem, P., 2003. *La teoría física su objeto y estructura*, María Pons Irazazábal (trad.), Barcelona, Herder Editorial.

Dunlop, K., 2016. "Poincaré on the Foundations of Arithmetic and Geometry. Part 1: Against Dependence-Hierarchy' Interpretations", *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 6 (2), pp.274-308.

_____, 2017. "Poincaré on the Foundations of Arithmetic and Geometry. Part 2: Intuition and Unity in Mathematics", *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 7 (1), pp.88-107.

Einstein, A. 1905/2005. "Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento", en *Albert Einstein*, Traducción castellana de Javier García Sanz, José Manuél Sánchez Ron (ed.), Barcelona, Crítica, pp.399-430.

_____, 1910-1911/1993. "Lecture Notes for Curse on Electricity and Magnetism at the University of Zurich, Winter Semester 1910/11", en *The Collected Papers of Albert Einstein (English translation supplement)*, Vol.3, Doc.11, Princeton, New Jersey, Princeton University Press, pp.251-327.

_____, 1913/1987. "Outline of a Generalized Theory of Relativity and of a Theory of Gravitation.", en *The Collected Papers of Albert Einstein. (English translation*

supplement), Vol.4, Doc. 13., Princeton, New Jersey, Princeton University Press, pp.151-188.

_____, 1918/2005. "Motivos para la investigación", en *Albert Einstein*, Traducción castellana de Ana Goldar, José Manuél Sánchez Ron ed., Barcelona, Crítica, pp.229-232.

_____, 1919/2005. "Inducción y deducción en la física", en *Albert Einstein*, Traducción castellana de Mercedes García Garmilla, José Manuél Sánchez Ron ed., Barcelona, Crítica, pp.233-234.

_____, 1923/2012. "How I Created the Theory of Relativity?", en D.K. Buchwald, J. Illy, Z. Rosenkranz y T. Sauer (comps.), *The Collected Papers of Albert Einstein*. vol. 13, Doc. 399, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, pp. 636–641.

_____, 1949. "Remarks Concerning the Essays Brought Together in This Co-Operative Volume", en *Albert Einstein Philosopher-Scientist*, Paul Arthur Schilpp ed., pp. 665–688.

Fairweather, A., 2012a. "Duhem-Quine virtue epistemology", *Synthese*, 187 (2), pp.673-692.

_____, 2012b. "The epistemic value of good sense", *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, pp.139–46.

Feyerabend, P. K., 1974. "Zahar on Einstein", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 25(1), pp. 25–28.

_____., 1984. "Mach's Theory of Research and its Relation to Einstein", en *Studies in History and Philosophy of Science*, 15 (1), p.1-22.

Frank, P., 2021. *The Humanistic Background of Science*, George A. Reisch y Adam Tamas Tuboly (eds.), New York: SUNY press.

Frega R., 2011. "From Judgment to Rationality: Dewey's Epistemology of Practice", *Transactions of the Charles S. Pierce Society*, 46 (4), pp.591-610.

French S., 1989. "A Peircean Response to the Realist-Empiricist Debate", *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 25(3), pp. 293-307.

Friedman, M., 1999. *Reconsidering Logical Positivism*, Cambridge University Press, Cambridge U. K.

_____, 2013. *Kant's Construction Of Nature: A Reading of the Metaphysical Foundations of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge U. K.

Galison, P., 2005. *Relojes de Einstein, mapas de Poincaré. Los imperios del tiempo*, Javier García Sanz (trad.), Barcelona, Crítica.

Garrigou-Lagrange, R., 1955. *God, His existence and His nature; a thomistic solution of certain agnostic antinomies*, Binghamton y Nueva York, Herder Book Co.

Garrison, J., 1996. "Dewey, qualitative thought, and context", *Qualitative Studies in Education*, 9 (4), pp.391-410.

Giannoni, C., 1967/1976. "Quine, Grünbaum, and the Duhemian Thesis", en *Can Theories Be Refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis*, Sandra G. Harding (ed), pp.162-175.

Gillies, D., 1993. *Philosophy of science in the twentieth century: four central themes*, Oxford, UK; Cambridge, Mass., USA: Blackwell Publishers.

Goldberg, S., 1984. *Understanding Relativity. Origin and Impact of a Scientific Revolution*, Birkhauser, Boston, Basel, Stuttgart.

Gowin, D. B., 1959. "Is Dewey's experimentalism Compatible with Gestalt Theory?", *The School Review*, 67 (2), pp.195-212.

Gronda, R., 2020. *Dewey's Philosophy of Science*, Springer, Cham.

Gueguen, M., and Psillos, P., 2017. "Anti-Scepticism and Epistemic Humility in Pierre Duhem's Philosophy of Science." *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, 2, pp.54-72.

Guillaumin G., 2022. *Del Arte de la Aceptación al arte del control: Dewey y la primera lógica de la investigación empírica*, Ciudad de México, Editorial Gedisa Mexicana, S. A.

_____, 2023. *La Revolución silenciosa: Expansión, reordenamiento e integración de la experiencia científica*, Ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana, Ediciones del lirio.

Grünbaum, A., 1959. "The Falsifiability of the Lorentz-Fitzgerald Contraction Hypothesis", *British Journal for the Philosophy of Science*, 10 (37), pp. 48–50.

_____, 1960/1976. "The Duhemian Argument", en *Can Theories Be Refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis*, Sandra G. Harding (ed), pp.116-131.

_____, 1962. “The Falsifiability Of Theories: Total Or Partial? A Contemporary Evaluation Of The Duhem-Quine Thesis”, en *Proceedings Of The Boston Colloquium For The Philosophy Of Science 1961/1962*, Marx W. Wartofsky, D. Reidel Publishing Company, pp.178-195.

Guzzardi, L., 2021. “Holding the Hand of History. Mach on the History of Science, the Analysis of Sensation, and the Economy of Thought”, en J. Preston (2021), pp.164-183.

Haller, R., 1991. “History and the System of Science in Otto Neurath”, en *Rediscovering the Forgotten Vienna Circle. Austrian Studies on Otto Neurath and the Vienna Circle*, Thomas E. Uebel (ed.), Kluwer Academic Publisher, pp.33-40.

Heidelberger, M., 1998. “From Helmholtz’s Philosophy of Science to Hertz’s Picture-Theory”, en *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Davis Baird, R. I. G Hughes y Alfred Nordmann (eds.), Springer, Dordrecht, pp.9-24.

_____., 2009. “Contingent Laws of Nature in Émile Boutroux”, en *The Significance of the Hypothetical in the natural Science*, Michael Heidelberger y Gregor Schiemann eds., Berlin, New York, Walter de Gruyter, pp.99-143.

Heinzmann, G., 2009. “Hypotheses and Conventions in Poincaré”, en *The Significance of the Hypothetical in the natural Science*, Michael Heidelberger y Gregor Schiemann eds., Berlin, New York, Walter de Gruyter, pp.169-192.

Helmholtz, H., 1847/1853. “On the Conservation of Force”, en *Scientific Memoirs*, John Tyndall y William Franceis (trads. y eds.), London: University of London, pp.114-162.

_____, 1868/1995. “The Recent Progress of the Theory of Vision”, en *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*, David Cahan (ed.), Chicago y Londres: The University of Chicago Press, pp.127-203.

_____, 1870/1977. “On the Origin and Significance of the Axioms of Geometry”, en *Epistemological Writings, The Paul Hertz/Moritz Schlick Centenary Edition of 1921*, M. F. Lowe (trad.), R. S. Cohen y Y. Elkana (eds.), Dordrecht, Reidel, pp.1-38.

_____, 1892/1995. “Goethe’s Presentiments of Coming Scientific Ideas”, en *Science and Culture: Popular and Philosophical Essays*, David Cahan (ed.), Chicago y Londres: The University of Chicago Press, pp.393-412.

Henne, C., 2023. “John Dewey: Was the Inventor of Instrumentalism Himself an Instrumentalist?” *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 13 (1), p.120-150.

Hernández Márquez, V., M., 2017. “Was Pierre Duhem an *Esprit de finesse?”*, *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, 2, p.93-107.

Hertz, H., 1893. *Electric Waves*, D. E. Jones (trad.), London and New York, Macmillan and Co.

_____, 1896. *Miscellaneous Papers*, D. E. Jones y G. A. Schott (trad.), New York, Macmillan & Co.

_____, 1899. *The Principles of Mechanics Presented in a new Form*, D. E. Jones y J. T. Walley (trad.), London and New York, Macmillan and Co., New York.

Holton, Gerald. 1969. “Einstein, Michelson, and the ‘Crucial Experiment’”, *Isis*, 60 (2), 132-197.

Howard, D., 1990. “Einstein and Duhem”, *Synthese*, 83, p.363-384.

_____, 2006. “Lost Wanderers in the Forest of Knowledge: Some Thoughts on the Discovery-Justification Distinction”, en *Revisiting Discovery and Justification Historical and philosophical perspectives on the context distinction*, Jutta Schickore y Friedrich Steinle (eds.), Dordrecht: Springer, pp.3-22.

_____, 2014. “Einstein and the Development of Twentieth-Century Philosophy of Science”, en *The Cambridge Companion to Einstein*, Michel Janssen, Christoph Lehner eds., Cambridge University Press, pp.354-376.

_____, 2021. “The Philosopher Physicists: Albert Einstein and Philipp Frank”, en *Logical Empiricism and the Physical Science. From Philosophy of Nature to Philosophy of Physics*, Sebastian Lutz y Adam Tamas Tuboly eds., New York and London, Routledge, pp.121-156.

Hüttemann, A., 2009. “Pluralism and the Hypothetical in Heinrich Hertz’s Philosophy of Science”, en *The Significance of the Hypothetical in the natural Science*, Michael Heidelberger y Gregor Schiemann eds., Berlin, New York, Walter de Gruyter, pp.145-168.

Hyder, D., 2013. Time, Norms, and Structure in Nineteenth-Century Philosophy of Science, en *The Oxford Handbook of the History of Analytic Philosophy*, Michael Beaney, (ed.), Oxford University Press.

Ivanova, M. 2010. “Pierre Duhem’s good sense as a guide to theory choice”. *Studies in History and Philosophy of Science*, 41, pp.58-64.

_____, 2011. “‘Good Sense’ in context: A response to Kidd”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, pp.610–612.

_____, 2015. “Conventionalism about what? Where Duhem and Poincaré part ways”, *Studies in the History and Philosophy of Science*, 54, pp.80–9.

_____, 2021. *Duhem and Holism*, Cambridge University Press.

Ivanova, M., y Paternotte, C., 2013. “Theory Choice, Good Sense and Social Consensus,” *Erkenntnis*, 78 (5), pp.1109-1132.

Jaki, S., 1987. *Uneasy Genius: The Life and Work of Pierre Duhem*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.

Jammer, M., 1962. *Concepts of Force: A Study in the Foundations of Dynamics*, Harper Torchbook, New York.

Janssen, M., 1995. *A Comparison between Lorentz’s Ether Theory and Special Relativity in the Light of the Experiments of Trouton and Noble*, tesis doctoral, University of Pittsburgh, Pittsburgh, E.U.A.

_____, 2002. “Reconsidering a Scientific Revolution: The Case of Einstein versus Lorentz”, *Physics in Perspective*, 4 (4), pp. 421–446.

_____, 2019. “How Did Lorentz Find His Theorem of Corresponding States?”, *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 67, pp. 167–175.

Johnston, J., S., 2014. *John Dewey’s Earlier Logical Theory*, Nueva York, SUNY Press.

Kant, I., 2010. *Crítica de la Razón Pura*, Pedro Ribas (trad.), Madrid, Gredos.

Kapitan, T., 2000. “Abduction as Practical Inference”, *The Commens Encyclopedia: The Digital Encyclopedia of Peirce Studies.* Recuperado de http://www.commens.org/encyclopedia/article/kapitan-tomis-abduction-practical-inference

Kaplan, A., 1964. *The Conduct of Inquire: Methodology for Behavioral Science*, Chandler Publishing Company.

Kidd, I., J., 2011. “Pierre Duhem’s epistemic aims and the intellectual virtue of humility: a reply to Ivanova”, *Studies in History and Philosophy of Science*, 42, pp.185-189.

Kitcher, P., 2001. *El Avance de la Ciencia: Ciencia sin Leyenda, Objetividad sin Ilusiones*, Héctor Islas (trad.), México: UNAM.

Krips, H., 1982. "Epistemological Holism: Duhem or Quine?", *Studies in History and Philosophy of Science*, 13 (3), pp.251-264.

Kuhn, T., 2006. *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, Carlos Solís (trad.), (3°ed.). México, D.F., Fondo de Cultura Económica.

Kukla, A., 1996. "Does Every Theory Have Empirically Equivalent Rivals?", *Erkenntnis (1975-)*, 44 (2), p.137-166.

Lakatos, I., 1978. *The Methodology of Scientific Research Programs*. Cambridge University Press.

Laudan, L., 1965/1976. "Grünbaum on 'The Duhemian Argument'", en *Can Theories Be Refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis*, Sandra G. Harding (ed), pp.155-161.

_____, 1981a. "The Epistemology of Light: Some Methodological Issues in the Subtle Fluids Debate", en *Science and Hypothesis. Historical Essays on Scientific Methodology*. Springer Science+Business Media Dordrecht, pp.111-140.

_____, 1981b. "Why was the Logic of Discovery Abandoned", en *Science and Hypothesis. Historical Essays on Scientific Methodology*. Springer Science+Business Media Dordrecht, pp.181-191.

_____, 1981c. "Ernst Mach's Opposition to Atomism", en *Science and Hypothesis. Historical Essays on Scientific Methodology*. Springer Science+Business Media Dordrecht, pp.202-225.

_____, 1996. "Demystifying Underdetermination", en *Beyond Positivism and Relativism*, Westview Press, pp.29-54.

_____, 2009. "Sobre una historia presentista de (casi) todo", en *Filosofía Natural y Lenguaje: Homenaje a José Antonio Robles*, Alejandra Velázquez y Leonel Toledo (comp), Laura E. Manríquez (trad.), México: IIFs/UNAM, pp.187-193.

Laudan, L., y Leplin, J., 1991. "Empirical Equivalence and Underdetermination", *The Journal of Philosophy*, 88 (9), pp.449-472.

Le Roy, E., 1901. "Un Positivisme Nouveau", *Revue de Métaphysique et de Morale*, 9 (2), pp.138-153.

Liston, M., 2017. “Duhem: Images of Science, Historical Continuity, and the First Crisis in Physics”, en *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, 2, pp.73-84.

Lowinger, A., 1941/1967. *The Methodology of Pierre Duhem*, New York, AMS Press, INC.

Lützen, J., 2005. *Mechanistic Images in Geometric Form: Heinrich Hertz’s Principles of Mechanics*, Oxford University Press.

Mach, E., 1949. *Desarrollo Histórico-Crítico de la Mecánica*, José Babini (trad.), Buenos Aires-México, Espasa Calpe Argentina S. A.

_____, 1976. *Knowledge and Error. Sketches on the Psychology of Enquiry*, D. Reidel Publishing Company, Boston.

Magnus, P., D., 2005. “Peirce: Underdetermination, Agnosticism, and Related Mistakes”, *Inquiry*, 48:1, DOI: 10.1080/00201740510015347.

Maiocchi, R., 1985. *Chimica e filosofía. Scienza, epistemologia, storia e religione nell’opera di Pierre Duhem*, La Nouva Italia Editrice.

_____, 1990. “Pierre Duhem’s ‘The Aim and Structure of Physical Theory’: A Book against Conventionalism”, *Synthese*, 38 (3), pp.385-400.

Martin, R., N., D., 1991. *Pierre Duhem: philosophy and history in the work of a believing physicist*. Open Court Publishing Company.

Massey, G., J., 2011. “Quine and Duhem on Holistic Hypothesis Testing”, *American Philosophical Quarterly*, 48 (3), pp.239-266.

Mayo, D., G., 1996. *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. University of Chicago Press.

McCormmach, R., 1980. “HERTZ, HEINRICH”, en *Dictionary of Scientific Biography*, Vol. 6, Gillispie, C.,C.,(ed), Simon & Schuster Macmillan, New York, pp. 340-350.

Michelson, A.A., 1881. “The Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”, *American Journal of Science*, 22, pp. 120–129.

Michelson, A.A. y E.W. Morley, 1887. “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”, *American Journal of Science*, 34, pp. 333–345.

_____, 1886. “Influence of the Motion of the Medium on the Velocity of Light”, *American Journal of Science*, 31, pp. 377–386.

Mill, J., S., 1974. *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive, Being a Connected View of the Principles of Evidence and the Methods of Scientific Investigation*, Volume VII, University of Toronto Press.

Miller, G., D., 1981. "DUHEM, PIERRE-MAURICE-MARIE", en *Dictionary of Scientific Biography*, Vol.4, Gillispie, C.,C.,(ed), Simon & Schuster Macmillan, New York, pp.225-233.

Mohammadian, M., 2021. "Abduction – the context of discovery + underdetermination = inference to the best explanation", *Synthese*, 198, pp.4205-4228.

Mongin, P. 2009. "Duhemian themes in expected utility theory". En A. Brenner and J. Gayon (eds.), *French Studies in the Philosophy of Science*, Springer.

Mulligan, J., F., 1998. "The Reception of Heinrich Hertz's 'Principles of Mechanics'", en *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Davis Baird, R. I. G Hughes y Alfred Nordmann (eds.), Springer, Dordrecht, pp.173-182.

Nagel, E., 1961. *The Structure of Science. Problems in the Logic of Scientific Explanation*, New York, Chicago, San Francisco, Atlanta, Harcourt, Brace & World, Inc.

Needham, P., 2002. "INTRODUCTION", en *Pierre Duhem Mixture and Chemical Combination And Related Essay*, Pual Needham (ed.), Springer Science+Business Media Dordrecht, pp.IX-XXX.

Neurath, O., 1921/1973. "Anti-Spengler", en *Empiricism and Sociology*, Marie Neurath y Robert S. Cohen (eds.), Dordrecht: Reidel Publishing Company, Inc., pp.158-213.

Newton-Smith, W., H., 2001. "Underdetermination of Theory by Data", en *A Companion to the Philosophy of Science*, W. H. Newton-Smith ed, Oxford: Blackwell, pp.532-536.

Norton, J., D., 2004. "Einstein's Investigations of Galilean Covariant Electrodynamics Prior to 1905". *Archive for History of Exact Sciences*, 59 (1), 45-105

_____. 2008. "Must Evidence Underdetermine Theory?", en *The Challenge of the Social and the Pressure of Practice*, Don Howard, Martin Carrier y Janet Kourany eds. University of Pittsburgh Press, pp.17-44.

_____. 2010. "How Hume and Mach Helped Einstein Find Special Relativity." In *Discourse on a New Method. Reinvigorating the Marriage of History and Philosophy of Science*, ed. Mary Domski and Michael Dickson, 359-386, La Salle, IL: Open Court.

Nugayev, R., M., 1983. “The History of Quantum Theory as a Decisive Argument Favoring Einstein over Lorentz”, *Philosophy of Science*, 52 (1), pp. 44–63.

Oberheim, E., 2006. *Feyerabend’s Philosophy*, Berlin, Walter de Gruyter GmbH & Co.

Okasha, S., 2002. “Underdetermination, Holism and the Theory/Data Distinction”, *The Philosophical Quarterly*, 52 (208), pp.303-319.

Pappas, G., F., 2016. “John Dewey Radical Logic: The Function of the Qualitative in Thinking”, *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 52 (3), pp.435-468.

Paternotte, C., e Ivanova, M., 2017. “Virtues and vices in scientific practice,” *Synthese*, 194 (5), pp.1787-1807.

Patton, L., 2021. “Abstraction, Pragmatism, and History in Mach’s Economy of Science”, en J. Preston (2021), pp.142-163.

Peirce, C. S. [CP]. *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, C. Hartshorne, P. Weiss, y A. Burks (eds.), Cambridge, Harvard University Press.

Peirce, C., S., 2012. “Deducción, inducción e hipótesis”, en *Obra filosófica reunida Charles Sanders Peirce, Tomo I (1867-1893)*, Nathan Houser y Christian Kloesel (eds.), Darin McNabb (trad.), Fondo de Cultura Económica, pp.233-246.

Pietsch, W., 2012. “The Underdetermination Debate: How Lack of History Leads to Bad Philosophy”, en *Integrating History and Philosophy of Science. Problems and Prospects*, Seymour Mauskopf y Tad Schmaltz (eds.), New York: Springer, pp.83-106.

Poincaré, H., 1906/2007. “On the Dynamics of electron”, (Traducido al inglés por Scott Walter del Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo 21, 1906, 129–176), en *The Genesis of General Relativity Vol. 3: Theories of Gravitation in the Twilight of Classical Physics; Part I*,. J. Renn (ed.), Springer, pp.

_____, 2015. *The Foundations of Science. Science and Hypothesis, The Value of Science, Science and Method*, G. B. Halsted trad., Cambridge University Press.

Popper, K., R., 1963/1883. *Conjeturas y refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*, Néstor Míguez (Trad.) Adaptación a la cuarta edición inglesa, Barcelona, Buenos Aires, México, Editorial Paidós.

Pojman, P., 2020. “Ernst Mach”, en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2020/entries/ernst-mach/>.

Preston, J., 2008. “Mach and Hertz’s Mechanics”, en *Studies in History and Philosophy of Science*, 39, pp. 91-101.

Preston, J., (comp), 2021. *Interpreting Mach*, Cambridge University Press, Cambridge New York.

Príncipe, J., 2017. “Poincaré and Duhem: Resonances in their First Epistemological Reflections”, *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, 2, pp.140-156.

Pulte, H., 2009. “From Axioms to Conventions and Hypotheses: The Foundations of Mechanics and the Roots of Carl Neumann’s ‘Principles of the Galilean-Newtonian Theory’”, en *The Significance of the Hypothetical in the natural Science*, Michael Heidelberger y Gregor Schiemann eds., Berlin, New York, Walter de Gruyter, pp.77-98.

Putnam, H., 1975. *Mathematics, Matter and Method. Philosophical Papers, Vol.1*, Cambridge University Press.

Quine, W., V., O., 1961. “Two Dogmas of Empiricism”, en *From A Logical Point of View. Logico-Philosophical Essays*, Segunda edición, New York y Evanston, Harvard University Press, pp. 20-46.

_____, 1966. “Posits and Reality”, en *The ways of Paradox and Other Essay*, Random House, pp.233-241.

_____, 2001a. “Sobre los sistemas del mundo empíricamente equivalentes”, Trad. Francisco Rodríguez Consuegra en *Acerca del conocimiento científico y otros dogmas*, Paidós, pp.55-74

_____, 2001b. “Tres indeterminaciones”, Trad. Francisco Rodríguez Consuegra en *Acerca del conocimiento científico y otros dogmas*, Paidós, pp.75-98.

_____, 2001c. “Retrospectiva de «Dos dogmas»”, Trad. Francisco Rodríguez Consuegra en *Acerca del conocimiento científico y otros dogmas*, Paidós, pp.99-112.

Quinn P., L., 1974. “What Duhem Really Meant”, en *Methodological and Historical Essays in the Natural and Social Science*. Robert S. Cohen y Marx W. Wartofsky eds. D. Reidel Publishing Company, pp.33-56.

_____, 1978. “Rejoinder to Tuana”, *Philosophy of Science*, 45 (3), pp.463-465.

Redekop, B., W., 2006, “Reid’s Influence in Britain, Germany, France, and America”, en *The Cambridge Companion to Thomas Reid*, Turence Cuneo y René van Woudenberg, Cambridge University Press, pp.313-340.

Rankine, W., J., M., 1881. “Outlines Of The Science Of Energetics”, en *Miscellaneous Scientific Papers by W. J. Macquorn Rankine*, W. J. Millar (ed.), Londres, Charles Griffin And Company, pp.209-228.

Reid, T., 1785/2002. *Essays on the Intellectual Powers of Man*, Derek R. Brookes (ed.), Pennsylvania, The Pennsylvania State University Press.

Rutte, H., 1991. “The Philosopher Otto Neurath”, en *Rediscovering the Forgotten Vienna Circle: Austrian Studies on Otto Neurath and the Vienna Circle*, Thomas E. Uebel (ed.), Kluwer Academic Publisher, pp.81-94.

Ryckman, T., 2005. *Einstein*, Routledge. New York.

Schäfer, L., 2006. “Autonomy versus Development: Duhem on Progress in Science”, en *Revisiting Discovery and Justification. Historical and Philosophical perspectives on the context distinction*, Jutta Schickore y Friedrich Steinle (eds.), Dordrecht Springer, pp.79-98.

Schiemann, G., 1998. “The Loss of World in the Image: Origin and Development of the Concept of the Image in the Thought of Hermann von Helmholtz and Heinrich Hertz”, en *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*, Davis Baird, R. I. G Hughes y Alfred Nordmann (eds.), Springer, Dordrecht, pp.25-38.

Severo, R., P., 2008. “‘Plausible insofar as it is intelligible’: Quine on underdetermination”, *Synthese*, 161 (1), pp.141-165.

Shankland, R., S., 1963. “Conversations with Albert Einstein”, *American Journal of Physics*, 31, p.47-57.

Shaw, J., 2020. “Duhem on Good Sense and Theory Pursuit: From Virtue to Social Epistemology”, *International Studies in the Philosophy of Science*, 33 (2), pp.67-85.

Snyder, L., J., 2009. “Hypotheses in 19th Century British Philosophy of Science: Herschel, Whewell, Mill”, en *The Significance of the Hypothetical in the natural Science*, Michael Heidelberger y Gregor Schiemann (eds.), Walter de Gruyter: Berlin, New York, pp.59-75.

Stanford, K., 2006. *Exceeding Our Grasp Science, History, and the Problem of Unconceived Alternatives*, Oxford University Press.

_____, 2021. "Underdetermination of Scientific Theory", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/scientific-underdetermination/>.

Stoffel, J., F., 2002, *Le phénoménalisme problématique de Pierre Duhem*, Brussels: Académie royale de Belgique.

Stump, D., J., 2007. "Pierre Duhem's virtue epistemology", *Studies in History and Philosophy of Science*, 38, pp.149-159.

_____, 2011. "The Scientist as Impartial Judge: Moral Values in Duhem's Philosophy of Science", *Philosophy*. Paper 13. http://repository.usfca.edu/phil/13.

_____, 2015. *Conceptual Change and the Philosophy of Science: Alternative Interpretations of the A Priori*, New York, Routledge.

_____, 2018. "Forward", en *Henri Poincaré Science and Hypothesis: The Complete Text*, David J. Stump y Mélanie Frappier (eds.), New York, Bloomsbury Publishing Plc.

Tuana, N., 1978. "Quinn on Duhem: An Emendation", *Philosophy of Science*, 45 (3), pp.456-462.

Turri, J., Alfano, M., y Greco, J., 2021. "Virtue Epistemology", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), URL = <https://plato.stanford.edu/archives/win2021/entries/epistemology-virtue/>.

Uebel, T., E., 1997. "From the Duhem Thesis to the Neurath Principle", en *Austrian Philosophy Past and Present: Essays in Honor of Rudolf Haller*, Keith Lehrer y Johann Christian Marek (eds.), Springer, pp.87-100.

_____, 2021. "Ernst Mach's Enlightenment Pragmatism History and Economy in Scientific Cognition", en J. Preston (2021), pp.164-183.

Vaesen, K., 2021. "French Neopositivism and the Logic, Psychology, and Sociology of Scientific Discovery", *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science*, 11, pp.183-201.

Van Fraassen, B.C., 2008. *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective*, Oxford University Press, Nueva York.

Van Strien, M., 2013. "The nineteenth century conflict between mechanism and irreversibility", *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 44, pp.191-205.

Velasco Gómez, A., 2016. "La Filosofía Revolucionaria de la Ciencia de Pierre Duhem y su Influencia en el Siglo XX", en *Pierre Duhem: entre física y metafísica*, Víctor Manuel Hernández Márquez (coord.,), Barcelona: Anthropos Editorial; Ciudad Juárez (México): Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, pp.27-44.

Venn, J., 1889. *The Principles of Empirical or Inductive Logic*, Londres y Nueva York, Macmillan and Co.

Verhaegh, S., 2017. "Boarding Neurath's Boat: The Early Development of Quine Naturalism", *Journal of the History of Philosophy*, 55 (2), pp.317-342.

Vilchis, R. M. 2018. "The distinction between physics and metaphysics in Duhem's philosophy", *Revista Portuguesa de Filosofia*, 74(1), 85–114.

Vuillemin, J., 1991. "Introduction", en *Pierre Duhem The Aim and Structure of Physical Theory*, Princeton University Press, pp.XV-XXXIII.

Walton, D., 2005. *Abductive Reasoning*, The University of Alabama Press.

Weber, M., 2009. "The crux of crucial experiments: Duhem's problems and inference to the best explanation", *British Journal for the Philosophy of Science*, 60, pp.19–49.

Wedeking, G., 1969/1976. "Duhem, Quine and Grünbaum on Falsification", en *Can Theories Be Refuted? Essays on the Duhem-Quine Thesis*, Sandra G. Harding (ed), pp.176-183.

Wegener, D., 2021. "Meaningful Work. Ernst Mach on Energy conservation", en J. Preston (2021), pp.48-66.

Willaschek, M., 2016. "Kant and Peirce on Belief", en *Pragmatism, Kant, and Transcendental Philosophy*, Gabriele Gava y Robert Stern (eds.), New York, Routledge Taylor & Francis Group, pp.133-151.

Wilson, M. 2017. *Physics Avoidance. Essays in Conceptual Strategy*, Oxford, Oxford University Press.

_____. 2021. *Imitation of Rigor. An alternative History of analytic Philosophy*, Oxford, Oxford University Press.

Worrall, J., 1989/1996. "Structural realism: The best of both worlds?" en *The Philosophy of Science*, D. Papineau (ed.), Oxford: Oxford University Press, pp.139–66.

Zahar, E., 1973a. "Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (I)", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 24 (2), pp. 95-123.

_____, 1973b. "Why Did Einstein's Programme Supersede Lorentz's? (II)", *The British Journal for the Philosophy of Science*, 24 (3), pp. 223-262.

Zammito, J., 2004. *A Nice Derangement of Epistemes: Post-Positivism in the Study of Science from Quine to Latour*, The University of Chicago Press.