

# El concepto de experimentación en el pragmatismo y el empirismo contemporáneo

Autor:

Velasco, Marisa

Tutor:

Klimovsky, Gregorio

2005

Tesis presentada con el fin de cumplimentar con los requisitos finales para la obtención del título en Doctor de la Universidad de Buenos Aires en Filosofía

Posgrado

TESIS 11-5-6

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS	
Nº 52385	MES/
7 MAR 2005	
Agr.	ENTRADAS

Universidad de Buenos Aires

Facultad de Filosofía y Letras

El concepto de experimentación en el  
pragmatismo y el empirismo contemporáneo

Tesis doctoral

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
Dirección de Bibliotecas

Doctoranda: Marisa Velasco

Director: Dr. Gregorio Klimovsky

Marzo 2005

TESIS 11-5-6

A la memoria de mi padre, por la fuerza

---

*Marisa Velasco*

## Índice

Índice .....	3
Agradecimientos.....	7
Introducción .....	9
I. El pragmatismo metodológico e idealista de Nicholas Rescher.....	17
1. Introducción .....	17
2. La teoría coherentista de la verdad.....	20
3. La sistematización cognoscitiva.....	28
4. La justificación coherentista-pragmatista de la inducción .....	36
5. El carácter regulativo de la sistematización cognoscitiva .....	40
6. El realismo científico.....	42
II. El empirismo constructivo de van Fraassen.....	45
1. Una caracterización general.....	47
2. La distinción observacional – no observacional .....	51
2.1. ¿Dónde traza van Fraassen esta distinción? .....	51
2.2. Críticas a la distinción: el llamado argumento de Friedman o argumento de la coherencia.....	54
2.3. Una posible respuesta a la crítica.....	58

---

3. Algunas consideraciones finales .....	60
III. Una perspectiva inferencial: la abducción .....	62
1. La abducción según Charles Sanders Peirce .....	64
1.1. La abducción y el método científico .....	66
1.2. Las justificaciones de la abducción.....	70
2. La abducción y la inferencia a la mejor explicación.....	75
2.1. La inferencia a la mejor explicación y la mirada del empirismo.....	77
3. ¿Abducción o inferencia a la mejor explicación? .....	81
IV. La confirmación <i>bootstrap</i> de Glymour .....	84
1. La versión de 1980 .....	85
2. Críticas a la teoría del <i>bootstrap</i> . .....	90
3. Una evaluación más allá del formalismo.....	93
V. La epistemología de la experimentación: una evaluación histórica .....	98
1. El programa filosófico .....	100
2. El programa histórico-sociológico .....	104
3. El programa cognitivista.....	113
4. La epistemología de la experimentación hoy .....	116
VI. La actividad experimental.....	120
1. Diseños experimentales .....	121
2. Experimentos.....	131
3. Resultados .....	139

---

4. Interpretación .....	156
5. Contextos, estilos y ambientes .....	158
VII. Aproximación a los experimentos imaginarios y las simulaciones computacionales .....	165
1. Experimentos imaginarios .....	166
1.1. Un ejemplo clásico .....	168
1.2. Interpretaciones de los experimentos imaginarios.....	170
1.2.1. Los experimentos mentales de Mach.....	171
1.2.2. Kuhn y la función de los experimentos imaginarios .....	175
1.2.3. El platonismo de Brown.....	178
1.2.4. El empirismo de Norton.....	183
1.2.5. El constructivismo de Tamar Szasbó Glender .....	186
1.2.6 Las aproximaciones cognitivistas de David Gooding y Nancy Nersessian.....	189
1.3. Una reflexión acerca de los experimentos imaginarios	193
2. Simulaciones computacionales .....	198
2.1. Las técnicas computacionales .....	200
2.2. Consideraciones introductorias sobre las simulaciones computacionales .....	202
2.3. KEKADA, un ejemplo de simulación con experimentación.....	204
2.4. Clasificación de las simulaciones computacionales ....	207
a) Las simulaciones como cálculo: .....	208

b) Simulaciones de modelos o top down.....	209
c) Simulaciones fenoménicas o botton up .....	210
2.5. Simulaciones: ¿representar o intervenir? .....	214
3. Simulaciones y experimentos imaginarios .....	218
3.1. Las simulaciones como experimentos.....	218
3.2. Las simulaciones como parte de experimentos .....	223
3.3. Una perspectiva general .....	227
Consideraciones finales: repensando la experimentación desde el pragmatismo y el empirismo contemporáneo .....	231
Bibliografía .....	242

## Agradecimientos

La Universidad Nacional de Córdoba me apoyó de muchas maneras para que esta tesis fuera posible. Particularmente la Facultad de Filosofía y Humanidades, a través de una beca FOMECA, me permitió cursar el doctorado en la UBA. Le agradezco al Prof. Klimovsky haberme aceptado como doctoranda, porque además de ser un gran honor que haya dirigido mi tesis, su generosidad me abrió las puertas de la UBA.

Si verdaderamente hiciera una lista de agradecimientos en la que estuvieran todas las personas que me ayudaron en el difícil y accidentado proceso de dar a luz esta tesis la lista sería demasiado larga. Así que para todos ellos ¡gracias!

Sin embargo, algunos hicieron tanto para que esto sea posible que no creo que haya alguna forma real de expresar mi gratitud y eterna deuda para con ellos. En primer lugar, gracias a José Ahumada porque ni por un minuto dejó de creer que esto era posible, y porque todo el tiempo me estimuló para seguir. Gracias a mis hijos, Agustín y Magalí, por sobrellevar las ausencias y a mi madre por estar siempre cerca.



Mi agradecimiento especial a Pío García, porque es el amigo y el compañero intelectual que cualquiera soñaría con tener. También quiero agradecer a Hernán Severgnini porque muchas de nuestras enriquecedoras discusiones intelectuales se convirtieron en partes de este trabajo.

Finalmente, no sé como expresar toda la deuda que tengo con Víctor Rodríguez. Le debo al maestro Víctor que me inició en la filosofía de la ciencia, le debo a Víctor el director de beca porque siempre me estimuló intelectualmente como sólo su lucidez puede hacerlo, le debo a Víctor psicólogo, ejerciendo ilegalmente por supuesto, porque ante mis innumerables crisis supo sacarme adelante, le debo a Víctor que leyó incontables veces mis desastrosos borradores, pero sobre todo le debo al amigo Víctor porque siempre estuvo ahí para apoyarme cuando todo parecía imposible. Aunque le debo intelectual y afectivamente cada palabra de esta tesis, no tiene ninguna responsabilidad por las mismas en virtud de mis limitaciones que impiden que este trabajo esté a la altura de todo lo que él me brindó.

## **Introducción**

La experimentación ha sido considerada casi con unanimidad como la clave del método científico, por lo menos desde la época moderna. 'Método científico' y 'método experimental' han sido usadas como expresiones sinónimas o intercambiables. La gran mayoría de las interpretaciones de la revolución científica vieron en el método experimental el motor de la revolución: lo que diferencia a la nueva y la vieja ciencia es la experimentación. Aún aquellos que intentaron interpretaciones de la revolución científica que minimizaban el rol de la experimentación como causa de la revolución, debieron dedicar bastante atención a la importancia de la experimentación en la generación y justificación del conocimiento científico. El éxito experimental de una teoría ha sido considerado con frecuencia la marca de su justificación, aún bajo distintos rótulos y teniendo en cuenta las importantes diferencias semánticas implicadas en los conceptos de confirmación, corroboración o testeo.

No obstante todo esto, muchos filósofos de la ciencia comenzaron en la década del 1980 a considerar que la experimentación no había sido suficientemente tomada en cuenta dentro de nuestra imagen de la actividad científica. La

experimentación había sido subordinada a la teoría, y no se había atendido a la complejidad intrínseca de las prácticas experimentales. En este contexto, y en una confluencia de diversas causas, de tradiciones filosóficas diferentes, y aún de disciplinas distintas, nace lo que hoy llamamos epistemología de la experimentación<sup>1</sup>. Desarrollaré esta historia, así como los contrastes entre la epistemología de la experimentación y la filosofía de la ciencia previa, en el capítulo V. Aunque desde una caracterización general se podría afirmar que la idea central de lo que llamamos epistemología de la experimentación, en su concepción menos radical, sostiene que las prácticas experimentales tienen un nivel de complejidad tal que requieren un análisis en sí mismas. Dicho de otra forma, la imagen clásica de la ciencia no permite dar cuenta de los multifacéticos roles que cumple la experimentación, ni de todos los problemas epistemológicos que la construcción de evidencia a través de prácticas experimentales acarrea.

En la historia de la filosofía de la ciencia del siglo XX se han destacado especialmente dos tradiciones, el empirismo y el pragmatismo. Estas dos tradiciones han tenido un rol y una forma de expresión bastante diferenciada. Como es bien sabido estas tradiciones han tomado en cada autor y en cada época diversas formas.

Con estos elementos empieza esta investigación: la impronta de dos tradiciones y un viejo problema filosófico, la experimentación, presentado en una nueva forma. Este problema es al menos tan viejo como la ciencia moderna. Inclusive existen interesantes trabajos que

---

<sup>1</sup> Ha sido común llamar también a la epistemología de la experimentación “el nuevo experimentalismo”. Creo que quien primero usó esta expresión fue Robert Ackerman (1989) en una reseña de Franklin (1986).

rastrear el concepto de experimentación en la ciencia medieval (Cf. (Crombie 1953; Crombie 1995)). Pero además no es nuevo en otro sentido, ya que algunos filósofos de la ciencia clásicos le han dedicado a esta temática una considerable atención. Francis Bacon, clasificó diferentes funciones para los experimentos. Mill analizó diferentes métodos experimentales para la determinación de relaciones causales. La propia obra clásica de Duhem (Duhem 1906/1982) es también un buen ejemplo. La experimentación estuvo entre las preocupaciones centrales de este filósofo. Sin embargo, es a partir de esta obra que la función de la experimentación, para la filosofía de la ciencia, quedó en general reducida al testeo de teoría. Esta idea se inserta en un presupuesto más general, aquel que sostiene que los problemas epistemológicos son patrimonio del denominado contexto de justificación. Esta distinción entre contextos, de justificación y descubrimiento, fue trazada por primera vez por Reichenbach (1938) y marcó a la filosofía de la ciencia del siglo XX. La experimentación desde esta perspectiva sólo tiene el rol de proveer la evidencia para el testeo de teorías y, en general, no constituye un tópico que merezca reflexión fuera de ese problema.

Pero la novedad no está tanto en el tema como en la perspectiva. La problemática se inscribe así en un 'nuevo modo de acercarse a la ciencia': mirar a la ciencia desde la perspectiva de las prácticas y no solamente desde la perspectiva de los resultados. Esta perspectiva no es patrimonio exclusivo de la epistemología de la experimentación, es un cambio sustancial en la unidad de análisis de la filosofía de la ciencia.

Ésta será entonces una travesía epistemológica por las prácticas experimentales. Esta travesía por la experimentación científica no

podrá darnos una caracterización completa de una actividad tan compleja. Por el contrario, el viaje tendrá como objetivo mostrar que en cada lugar del recorrido hay problemas, pero también hay respuestas. Los problemas filosóficos se presentan porque si se miran más de cerca las prácticas experimentales surgirán problemas metodológicos y epistemológicos. Pero también pueden encontrarse respuestas, porque la perspectiva de las prácticas experimentales puede hacer que problemas metodológicos y epistemológicos dejen de serlo cuando la experimentación no es considerada sólo una fuente de datos. La experimentación deja de ser, en esta perspectiva de análisis, una 'milagrosa fuente' que produce evidencia. La evidencia tiene estructura y tiene historia, ya no es sólo *e*. Algo similar sucedió cuando la filosofía de la ciencia dejó de pensar a las teorías científicas como *T* y comenzó a analizar las teorías científicas tal como se encuentran en la ciencia. Este cambio de perspectiva trae consigo cambios profundos en nuestra concepción de la actividad científica y en el modo de analizarla.

A pesar de ciertas diferencias, tanto en la temática, como en el enfoque, de la epistemología de la experimentación respecto de la filosofía de la ciencia clásica, resulta ineludible realizar una evaluación de la misma a la luz de las tradiciones más importantes dentro de la filosofía de la ciencia. El pragmatismo y el empirismo han sido las dos tradiciones más importantes dentro de la filosofía de la ciencia del siglo XX. A decir verdad el empirismo ha sido sin lugar a dudas la tradición más importante. De hecho el empirismo en su variante de principios del siglo XX aplastó la naciente tradición pragmatista norteamericana. Sin embargo, durante el imperio del empirismo, el pragmatismo le fue lentamente socavando parte sus

raíces. Esto sucedió principalmente por la apelación a respuestas pragmáticas, aún dentro de la tradición empirista. Una cierta tensión entre pragmatismo y empirismo no ha sido aún superada, más aún ciertas formas de neopragmatismo han acentuado esa tensión alejando cada vez más ambas tradiciones.

Por todo esto, en este viaje llevaremos dos compañeros especiales, Nicholas Rescher y Bas van Fraassen.

He elegido a Nicholas Rescher porque dentro de la tradición pragmatista no son muchos los filósofos que han desarrollado una filosofía de la ciencia explícitamente pragmatista que resulte de algún interés para analizar las prácticas experimentales<sup>2</sup>. Nicholas Rescher ha desarrollado una filosofía de la ciencia explícitamente pragmatista a la que ha denominado pragmatismo metodológico. Aunque el pragmatismo de Rescher tiene una importante impronta idealista, es el aspecto metodológico el que resulta especialmente interesante para el objetivo de este trabajo<sup>3</sup>.

Mi otro compañero de viaje es un empirista, Bas van Fraassen. A pesar de la importancia que el empirismo ha tenido en la filosofía de la ciencia, no resulta sencillo encontrar pensadores que defiendan

---

<sup>2</sup> Téngase presente que es posible encontrar numerosas respuestas pragmáticas a problemas filosóficos dentro de diversas tradiciones. Sin embargo, en general los filósofos que han defendido este tipo de respuestas locales no han defendido una filosofía pragmatista en general. Un buen ejemplo de esta actitud es Quine. Diré más acerca de las tradiciones pragmatista y empirista más adelante.

Un buen ejemplo de una filosofía explícitamente pragmatista que no resulta fructífera para acercarse a las prácticas experimentales es la desarrollada por Richard Rorty. El neopragmatismo de Rorty pertenece a la tradición que Rescher y Hacking denominaron *pragmatismo sin método* (Cf. (Rescher 1994a) y (Hacking 1983/1996: cap. 4)).

<sup>3</sup> Aquí estoy usando la distinción entre filosofía de la ciencia y epistemología tal como se usa en el mundo anglosajón.

un proyecto explícitamente empirista después de los cambios producidos en el interior de la disciplina durante la década de 1960. Van Fraassen a lo largo de su obra ha realizado exactamente esto, proponer un programa empirista que respete las raíces de esa tradición y a la vez se haga cargo de las críticas que esa tradición recibió con la caída del positivismo lógico. Su obra, *La imagen científica* (van Fraassen 1980/1996), presenta las bases de este programa empirista, luego el mismo es desarrollado con algunos matices en su obra posterior (Cf. especialmente (van Fraassen 1989) y (van Fraassen 2002)).

Así de la mano de van Fraassen y Rescher, quienes serán nuestros interlocutores representantes de ambas tradiciones, realizaremos un recorrido por algunos de los tópicos de la epistemología de la experimentación que considero parte del núcleo central de la misma.

Este recorrido estará guiado por algunas hipótesis de trabajo que tienen diferentes grados de generalidad. En el ámbito de la epistemología y la filosofía general, intentaré mostrar que aún cuando el empirismo y el pragmatismo contemporáneo han caracterizado a la experimentación, la relación entre epistemología de la experimentación y estas tradiciones filosóficas presenta numerosas aristas conflictivas y otras sin demasiado tratamiento conceptual, lo que redundará en perjuicio de cada una de estas líneas de investigación.

A su vez sostengo que la experimentación contemporánea exhibe variadas facetas que escapan todavía al tratamiento epistemológico, por ello la epistemología de la experimentación no es tan robusta como programa de investigación como puede parecer desde un tratamiento puramente epistemológico.

Desde un punto de vista más específico intentaré mostrar que el tratamiento de la experimentación a través de sus diferentes rostros permite precisar sensiblemente el significado y alcance de varios conceptos centrales de la filosofía de la ciencia y la epistemología.

En directa relación con lo anterior sostengo que el respeto por las tradiciones experimentales posibilita una mejor caracterización de los contextos tradicionales en filosofía de la ciencia.

Con una mirada aún más focalizada, mostraré que la dinámica científica contemporánea no permite fosilizar a las tradiciones experimentales dentro de un reducido grupo de conceptos estáticos, sino que sugiere una dinámica de cambio teórico en torno de la experimentación, con considerables innovaciones conceptuales (un buen ejemplo, entre muchos otros, de estos cambios es la incorporación de las simulaciones computacionales a las prácticas experimentales).

Sostendré también que resulta difícil separar conceptualmente el aparente continuo que va desde la consideración de los experimentos como argumentos hasta su asociación con prácticas interventivas.

Para llevar adelante esta empresa el capítulo I presenta la filosofía de Nicholas Rescher, el pragmatismo metodológico e idealista, en aquellos tópicos que resultan relevantes para el tema central de esta tesis. Con el mismo espíritu, el capítulo II expone el empirismo constructivo de Bas van Fraassen. El capítulo III toma una perspectiva inferencial, la abducción, que ha sido motivo de tensión entre pragmatistas y empiristas, y que resulta, de aceptarse algún rol para la inferencia abductiva, en una de las formas en la que puede



pasarse de resultados experimentales a teorías. En el capítulo IV se exponen la teoría de confirmación *bootstrap* de Clark Glymour, así como algunas críticas y desarrollos posteriores de la misma. La teoría de confirmación *bootstrap* es un intento de superar las dificultades a las que se enfrentaron las teorías clásicas de la confirmación científica. En el contexto de esta tesis, aparece como una antesala importante para la epistemología de la experimentación. La teoría *bootstrap* no ejerció influencia directa sobre los desarrollos de la epistemología de la experimentación, pero su desarrollo implica una forma interesante de comenzar a indagar sobre los modos en los que se construye la evidencia y las relaciones evidenciales. El capítulo V presenta una evaluación histórica de la epistemología de la experimentación. La evaluación será especialmente sensible a la diversidad de enfoques y disciplinas que han confluído. El capítulo VI realiza un recorrido por las distintas fases que constituyen la actividad experimental. En cada una de esas fases se presentan problemas epistemológicos relevantes. Sin ánimo de ser exhaustiva, el capítulo constituye una muestra de la magnitud de problemas epistemológicos y metodológicos que se producen en torno de las prácticas experimentales. Algunos son problemas clásicos, presentados con una nueva perspectiva. Otros son problemas que emergen cuando se analizan las prácticas experimentales. Finalmente, el capítulo VII se ocupa de dos actividades muy ligadas a la experimentación, los experimentos imaginarios y las simulaciones computacionales. Ambas tienen una incidencia importante dentro de las prácticas experimentales, aunque resulta sumamente problemático elucidar su relación con las teorías y con el mundo. He dejado para las consideraciones finales una re-evaluación de las prácticas experimentales desde la perspectiva del empirismo y el pragmatismo contemporáneo.

# I. El pragmatismo metodológico e idealista de Nicholas Rescher<sup>4</sup>

## 1. Introducción

Nicholas Rescher es un pensador con una producción realmente vasta y multifacética. Se pueden destacar numerosos trabajos por su influencia y por lo llamativo de su diversidad temática. Dentro de la gran producción intelectual del autor, aquí sólo presentaré aquellas facetas de su pensamiento que considero relevantes para su concepción de la relación teoría-experiencia. Sin embargo, algunas consideraciones generales son necesarias para ubicar el marco en el que se desarrolla su pensamiento, y especialmente porque su idea de

---

<sup>4</sup> La siguiente exposición es una elaboración propia basada principalmente en las obras de este autor que se mencionan en la bibliografía. El pensamiento de Rescher se presenta como un sistema con las características del modelo en red (ver más adelante), con lo cual no existe 'un punto natural de entrada'. El punto de entrada y el recorte que del sistema se hacen aquí tienen por fin centrar la exposición en los aspectos de interés para la temática central de este trabajo. Allí donde no encontré respuestas explícitas a interrogantes ligados a esta temática, me tomé la libertad de dar la versión que considero 'más coherente' con el sistema.

sistematización cognoscitiva hace que todos los aspectos se hallen relacionados.

Entre las principales fuentes de que se nutre la filosofía de Rescher, y que se hacen patentes en su obra, se encuentran la filosofía de Kant, y especialmente el neohegeleanismo inglés, principalmente a través del pensamiento de Bradley. Por otro lado, existe un fuerte impacto de la filosofía pragmatista norteamericana, particularmente a través de la figura de Peirce. A todo esto se suma un gran conocimiento de las herramientas formales desarrolladas por la lógica, y del 'estilo' analítico de filosofar<sup>5</sup>.

Todas estas fuentes encuentran su punto de confluencia, para Rescher, en lo que denomina idealismo pragmatista o pragmatismo metodológico.

El pragmatismo puede rastrearse aún antes de Peirce y James, quienes lo bautizaron como tal. Durante el transcurso de este siglo siguió influenciando gran parte de la filosofía, aunque esta influencia no siempre fue explícitamente reconocida. De hecho, es posible detectar aspectos pragmatistas en gran parte de la filosofía de la ciencia de este siglo. Sin embargo, en los últimos años el pragmatismo ha resurgido explícitamente en la filosofía, y particularmente en la filosofía de la ciencia y del lenguaje, de la mano de filósofos como R. Rorty y H. Putnam. Pero en este punto es importante hacer algunas distinciones. El pragmatismo contemporáneo, heredero del primer pragmatismo norteamericano, reproduce algunas diferencias que ya podrían detectarse en el primer pragmatismo norteamericano. Es decir,

---

<sup>5</sup> Rescher distingue entre el *estilo analítico* de filosofar y la *ideología analítica*. Sólo la última es rechazable para el autor, respecto de la primera, es el mejor de los estilos de que disponemos.

lo que distingue a los pragmatistas contemporáneos entre sí es la posición que cada uno adopta en relación a los métodos para la adquisición y validación del conocimiento, un aspecto que también separó a la filosofía de Peirce de la de James.

Rescher defiende un tipo de pragmatismo en el que los métodos para la adquisición del conocimiento son la única garantía de éste. De este modo el conocimiento se valida a través de sus métodos. Pero la justificación de estos métodos es pragmática. Esta validación lo coloca del lado del 'pragmatismo objetivo' (validación impersonal de estándares objetivos para la conducta cognitiva o para problemas prácticos), frente al 'pragmatismo subjetivo' (lo que funciona para individuos o pequeños grupos).

C. S. Peirce, C. I. Lewis y R. Carnap sostuvieron versiones del primer tipo de pragmatismo, contrastando en este aspecto con William James, F. S. G. Schiller y R. Rorty que ejemplifican el último tipo de pragmatismo. Viendo a James, Peirce pensó a la particularización de éste como una corrupción y degradación de la empresa pragmática (y viendo a Rorty, Rescher piensa algo parecido) (Rescher 1994a: 378).

Existen nudos centrales para comprender el pensamiento de Rescher. Estos son la teoría coherentista de la verdad, la noción de sistematicidad, el rol de los métodos, la justificación de la inducción, la relación idealismo-realismo. De estos puntos me ocuparé ahora.

## 2. La teoría coherentista de la verdad

En lo que sigue haré una breve reseña de la versión de Rescher de la teoría coherentista de la verdad<sup>6</sup> debido al importante rol que el coherentismo tiene dentro de la *sistematización cognoscitiva*. Procederé de la siguiente manera, una vez que queden establecidas las nociones centrales de la teoría de la verdad me ocuparé de su rol metodológico en la construcción del conocimiento.

El coherentismo tiene una larga tradición dentro del pensamiento idealista. Rescher se formó, en sus años universitarios en Estados Unidos, dentro de la tradición analítica. Sin embargo, su adscripción al coherentismo muestra, junto a su idealismo conceptual, su deuda con el idealismo, y especialmente con el neohegelianismo inglés. Su conocimiento del ‘estilo analítico’ y de la lógica hicieron que desarrollara una versión del coherentismo que aprovecha los desarrollos de la lógica formal.

La teoría coherentista de la verdad, tal como Rescher la presenta, se plantea como una criteriología de la verdad. Esto significa que no pretende responder a la pregunta ¿cuál es la naturaleza de la verdad?, sino a ¿cuándo se puede aplicar con garantías el predicado ‘es verdadero’?. (Obviamente estamos tratando con la verdad de las proposiciones). Al intento de dar respuesta a la primera pregunta se lo ha denominado teoría definicional de la verdad: proveer una definición de la concepción de ‘es verdadero’ como una característica de las proposiciones. Al intento de respuesta a la segunda pregunta se lo ha denominado teoría criteriológica de la verdad: especificar las

---

<sup>6</sup> Una exposición detallada puede encontrarse especialmente en (Rescher 1973).

condiciones para determinar si existen o no garantías para aplicar la caracterización de ‘es verdadero’ a las proposiciones.<sup>7</sup>

Existen dos tipos de criterios. Por un lado, se pueden admitir criterios garantizadores, y por otro, criterios autorizadores. En el caso de los primeros tenemos garantías lógicas de que la satisfacción del criterio es absolutamente decisiva para la posesión de un rasgo determinado. En el caso de los criterios autorizadores se provee a lo sumo una garantía racional para afirmar la posesión de un rasgo.

La criteriología de la verdad que propone Rescher es del segundo tipo. En realidad, si se pudieran establecer criterios garantizadores se estaría muy cerca de una teoría definicional de la verdad. Sin embargo, éstos no tienen la utilidad operativa de un test.

De este modo, la *coherencia* se propone como criterio de verdad y no como una definición de la verdad. Pero la coherencia se plantea como un criterio autorizador, *como un test generalmente efectivo* de la verdad.

De acuerdo a lo expuesto, la verdad de un enunciado radica en su coherencia. Pero, ¿coherencia con qué?. Coherencia con otros enunciados.<sup>8</sup> Si se tratara de coherencia con los hechos o con las experiencias estaríamos entonces frente a alguna forma encubierta de correspondentismo.

---

<sup>7</sup> Las teorías pragmatista e intuicionista de la verdad podrían caracterizarse como criteriológicas, mientras que el coherentismo sería una teoría definicional de la verdad, aunque esta interpretación no es unánime (Cf. (Haack 1978/1982: cap. 7)).

<sup>8</sup> Acéptese esta afirmación como una respuesta preliminar. Esta respuesta requiere numerosas precisiones que se desarrollarán más adelante.

De esto se deriva que la coherencia es un rasgo que las proposiciones no pueden poseer de forma aislada, sino sólo en relación con otras. Desde esta perspectiva, que un grupo de proposiciones posea el rasgo de la coherencia implica que posee algunas características que lo convierten en un *sistema*. Esta noción de sistema ha sido muy importante desde las primeras versiones del coherentismo, así como jugará un importante rol metodológico en la teoría del conocimiento de Rescher.

Puede decirse, entonces, que comenzamos con un conjunto de proposiciones, a las que llamaremos *datos*. La palabra dato sólo debe ser entendida en el siguiente sentido técnico. Los datos no son verdaderos. Si fueran verdaderos el problema de establecer un criterio de verdad estaría previamente solucionado. Los datos deben ser considerados como *candidatos a la verdad*, son presuntamente verdaderos. Este conjunto de datos es generalmente inconsistente. Lo que la teoría coherentista de la verdad se propone es establecer orden dentro de este conjunto, estableciendo las distinciones entre lo que se puede calificar como verdadero y lo que no. Pero el procedimiento que permite realizar esto no descansa en una comparación con algo externo al cuerpo de datos (como podrían ser los hechos). Lo que en realidad sucede es que una vez obtenida la mayor cantidad de información posible (información que generalmente es inconsistente), por un procedimiento interno se determina qué se toma como verdadero y qué como falso. Lo que se obtiene es consistencia a partir de la inconsistencia.

Las siguientes son las características más importantes de la teoría coherentista de la verdad:<sup>9</sup>

1) *Para que una proposición pueda ser evaluada como verdadera, esta evaluación debe realizarse en términos de coherencia con otras proposiciones.* Esto significa que no existirán proposiciones que adquieran su condición de verdaderas por procedimientos diferentes a la evaluación de sus relaciones de compatibilidad o conflicto con otras proposiciones. A partir de esto puede establecerse que,

2) *La verdad de una proposición es contextual.* No sólo no existen proposiciones que se establezcan como verdaderas por procedimientos diferentes del análisis de coherencia, sino que el predicado 'es verdadero' es dependiente del grupo de proposiciones con respecto al cual se realiza el análisis. No existen verdades aisladas, ni puede determinarse la verdad de proposiciones aisladas.

3) *Las verdades deben constituir un sistema que sea consistente y cuyos miembros estén apropiadamente conectados.* Apropiadamente conectados para formar una unidad, pero con vínculos inferenciales no necesariamente deductivos. La cohesividad -apropiadamente conectados- y la consistencia son dos aspectos fundamentales de la coherencia.<sup>10</sup>

4) *La unidad sistemática debe ser suficientemente comprehensiva como para poder comprender el hecho real.*

---

<sup>9</sup> Las cinco primeras características que se enuncian a continuación son, para Rescher, requisitos mínimos de cualquier teoría coherentista de la verdad (cf. (Rescher 1973: 43-44).

<sup>10</sup> Los parámetros de sistematicidad, y las nociones relacionadas con la sistematicidad se desarrollan en el próximo punto.



5) *En virtud de la forma de la teoría de la coherencia las leyes de las teorías clásicas de la verdad no pueden aceptarse en su forma clásica.* Las leyes de la bivalencia y del tercero excluido sólo pueden ser aceptadas en una forma debilitada y restringida. Si la verdad de una proposición residen en su ‘ajuste coherente’ con otras proposiciones, podría suceder que ni una proposición, ni su negación califiquen como verdaderas. Esto convierte a la teoría coherentista de la verdad en una teoría no clásica de la verdad. Al desarrollar la verdad como patrón de preferibilidad, es posible establecer *grados* de verdad.

6) *La coherencia ideal requiere de la coherencia óptima con una base de datos perfecta.* Cuando tratamos con bases de datos reales sólo obtenemos estimaciones de la verdad, y nunca alcanzamos la coherencia ideal. Sin embargo, es posible establecer una lógica de la coherencia ideal. Se verá más adelante que este paso a la idealización tiene un rol fundamental, dentro del pensamiento de Rescher, para el estatus que se otorga a la sistematización cognoscitiva y para comprender su posición acerca del realismo científico.

Así, partimos de datos que son probablemente inconsistentes y formamos un sistema coherente. El objetivo se alcanzaría de la siguiente forma: dado un conjunto de datos probablemente inconsistente, se buscan los subconjuntos máximamente consistentes (s.m.c.). Los s.m.c. constituyen las alternativas epistémicas a un conjunto de datos. El hecho de que un conjunto de datos puede tener varios s.m.c. ha sido motivo de crítica al coherentismo. La objeción tiene dos respuestas para Rescher. Por un lado, ‘la verdad no tiene el monopolio de la coherencia’, y por otro, se deben establecer métodos

para decidir entre s.m.c.. Estos métodos nos permiten preferir *un* s.m.c., no *el* s.m.c..

No existe un único método para elegir s.m.c., sino una pluralidad de métodos, cada uno con sus ventajas y desventajas. La adopción de un método frente a otro no se puede justificar por reglas generales, sino en función de la situación particular. Rescher describe cinco procedimientos para preferir un s.m.c. que se describen brevemente a continuación (Cf. (Rescher 1973: cap V)):

Método I: Dado un conjunto inconsistente de proposiciones, se prefieren aquellos s.m.c. que, o bien a) no entren en conflicto con cierto conjunto de tesis (versión débil), o b) implican ciertas tesis (versión fuerte). Las tesis o conjunto de tesis que permiten la preferencia son “verdades previas” a las que se ha accedido a través de algún procedimiento independiente.

Método II: Se prefiere aquel s.m.c. que contenga más proposiciones del conjunto inicial de datos.

Método III: A partir de probabilidades asignadas a las proposiciones de los datos, se pueden calcular las proposiciones de cada s.m.c.. Se preferirá aquel s.m.c. que tenga mayor probabilidad.

Método IV: Dado un conjunto de proposiciones (datos) y un índice de plausibilidad asignado a cada proposición (Rescher propone cuatro índices 1=altamente plausible, 2=moderadamente plausible, 3=mínimamente plausible, 4=altamente implausible), se preferirá aquel o aquellos s.m.c.: a) que contenga(n) la mayor cantidad de proposiciones altamente plausibles, o b) cuya proposición con más baja plausibilidad sea más alta que la de otros s.m.c., o c) cuya plausibilidad media sea más alta que la de otros s.m.c.

Método V: Este método está basado en consideraciones pragmáticas acerca de las consecuencias de los s.m.c.. Preferimos aquellos conjuntos cuyas consecuencias prácticas son mejores que las consecuencias prácticas de su rechazo. En general, esta estrategia es rechazada por Rescher por las mismas razones que rechaza una teoría pragmatista de la verdad, a saber, las dificultades para sostener relaciones entre verdad y utilidad. Sin embargo, es posible que alguna o algunas de las diversas formas en las que puede instanciarse esta estrategia general sirva al propósito de elegir s.m.c..

A pesar del pluralismo metodológico que sostiene, donde la elección del método depende del contexto del problema, Rescher parece favorecer el método IV. Gran parte de sus ejemplos utilizan el filtro de la plausibilidad.<sup>11</sup>

Hasta aquí he señalado tres conceptos claves en el pensamiento de Rescher, la teoría coherentista de la verdad, la sistematicidad del conocimiento (que será desarrollada con más detalle en el apartado siguiente), y el pluralismo metodológico. Si nos preguntamos por la justificación de los métodos enunciados anteriormente, surgirá el cuarto concepto clave, el pragmatismo metodológico. Rescher rechaza una teoría pragmatista de la verdad, lo que él denomina un pragmatismo de tesis, para sostener, en cambio, un pragmatismo en la justificación de los métodos.

El pragmatismo clásico había sostenido versiones, ligeramente diferentes entre sí, del pragmatismo de tesis. Peirce sostuvo un pragmatismo de tesis, una concepción pragmática de la verdad, pero además le dio al método (método de investigación, tal como lo

---

<sup>11</sup> Para un desarrollo del concepto de plausibilidad ver (Rescher 1976).

llamaba) un rol central dentro de su concepción del crecimiento del conocimiento. Rescher rechaza una concepción pragmática de la verdad pero sostiene una justificación pragmatista de la metodología. “las tesis pueden ser justificadas por la aplicación de un método, y la adopción de este método está justificada por referencia a ciertos criterios *prácticos* (preeminentemente, éxito en la predicción y eficacia en el control)” (Rescher 1977: 67, las cursivas son del autor). En esto consiste el *pragmatismo metodológico*.

¿Cuál es el estatus que Rescher otorga al coherentismo en relación con las teorías ‘rivales’ de la verdad? Parte de la respuesta ya fue expuesta. El coherentismo es una criteriología de la verdad. No tiene la pretensión de dar una definición de la verdad. Algunos coherentistas han intentado sostener que también el coherentismo puede ser definicional, que la verdad consiste en la coherencia. Pero esta posición produce serios problemas de justificación. La respuesta de Rescher en pocas palabras sería como sigue. El coherentismo es una criteriología de la verdad que permite encontrar verdades donde no sabíamos previamente que existían. El coherentismo necesita justificación de sus métodos y esto sólo puede hacerse por la vía pragmática<sup>12</sup>. El coherentismo no ofrece una respuesta a la naturaleza de la verdad, quizás la única respuesta que tengamos respecto a la naturaleza de la verdad sea la de la teoría correspondentista de la verdad. Por otra parte, la teoría intuicionista es de gran utilidad en las disciplinas formales, donde el coherentismo tiene poco que decir. La teoría pragmática tiene su rol más importante en la evaluación de los métodos. Esto lleva a Rescher a sostener la conclusión que las

---

<sup>12</sup> La justificación pragmatista de los métodos y su rol en la adquisición y justificación del conocimiento serán desarrollados más adelante.

diferentes teorías de la verdad no son en realidad rivales, sino que funcionan en diferentes ámbitos.

Esta posición respecto al correspondentismo en particular, que Rescher hace explícita en numerosos trabajos, es bastante difícil de entender. Porque si aceptamos su posición de que la teoría correspondentista de la verdad no funciona como criteriología<sup>13</sup>, y aceptamos a su vez al coherentismo como criterio de verdad, y en consecuencia, sostenemos la imposibilidad de alcanzar verdades fácticas que tengan total garantía (recuérdese que el coherentismo es un criterio autorizador y no garantizador) no parece posible aceptar alguna teoría correspondentista de la verdad como definición de la naturaleza de la verdad.

He dado una primera justificación del coherentismo a través de la justificación pragmática de sus métodos. Sin embargo, para Rescher la justificación del coherentismo se apoya también en la sistematización cognoscitiva. De eso me ocuparé en el próximo apartado.

### **3. La sistematización cognoscitiva**

La idea de sistema como una de las características básicas del conocimiento humano se remonta hasta los griegos. El concepto y rol

---

<sup>13</sup> Esta posición se basa, fundamentalmente, en la dificultad de otorgarle valores de verdad a enunciados universales recurriendo a la 'confrontación con los hechos', a los enunciados contrafácticos, a enunciados que afirmen probabilidades (que no sean meras probabilidades lógicas), a enunciados modales y a los enunciados respecto a hechos del pasado. Cf. (Rescher 1973: 7-8).

de la sistematicidad del conocimiento ha ido variando a lo largo de la historia del pensamiento. De la elaboración de esa noción de sistematicidad Rescher extrae los siguientes *parámetros de sistematización*:

1] *totalidad*: unidad e integridad como un todo genuino que abarca e integra sus partes constituyentes

2] *integridad*: comprehensividad: sin resquicios ni componentes faltantes, inclusividad, sin que falte nada que sea necesario

3] *autosuficiencia*: independencia, autocontinencia, autonomía

4] *cohesión*: conexión, relación y vinculación de las partes entre sí, coherencia (en uno de sus sentidos), ligazón de las partes, reglas, principios de asociación que lo componen; [...]

5] *consonancia*: consistencia y compatibilidad, coherencia (en otro de sus sentidos), ausencia de discordancia o disonancia interna; colaboración o coordinación armoniosa entre sus componentes “conservando cada parte su lugar”

6] *arquitectónica*: estructura bien integrada de arreglo de partes debidamente ordenadas, generalmente, en una disposición jerárquica de subordinación y supraordinación

7] *unidad funcional*: interrelación intencional; racionalidad unificadora o *telos* que encuentra su expresión en ciertos principios sintetizadores de carácter funcional.

8] *regularidad funcional*: normicidad y legalidad, ordinalidad de operación, uniformidad, normalidad (conformidad con el curso habitual de las cosas).

9] *simplicidad funcional*: elegancia, armonía y equilibrio; economía estructural, pulcritud en la colaboración o coordinación de los componentes

10] *apoyo recíproco*: los componentes de un sistema están combinados bajo la égida de un propósito o un principio común de una manera tal que colaboran mutuamente para la realización de ese propósito; interrelación

11] *eficacia funcional*: eficiencia, efectividad, adecuación a la misión común (Rescher 1979/1981: 23-24)

Es claro que cada uno de estos parámetros tiene límites borrosos con algunos otros. Como así también, que algunos requerirían para su aplicación de numerosas precisiones. Sin embargo, dos de estos parámetros parecen ser los ejes de la noción de sistematicidad: la cohesión y la consonancia. Estos parámetros explicitan los dos aspectos más importantes de la coherencia. Otros parámetros, como el de totalidad y unidad funcional podrían verse como un derivado o un aspecto de la cohesión. En realidad, me parece, que muchos de estos parámetros pueden ser fusionados, ya que algunos de ellos parecen facetas derivadas de otros.

Sin embargo, aún no queda justificado por qué elegir estos parámetros de sistematicidad como parámetros de nuestro conocimiento.<sup>14</sup> La decisión tiene fundamentos históricos. Estos han sido los parámetros de la racionalidad occidental. En esta tradición no parece posible pensar en otra forma de conocimiento. En general son presentados como patrones de exposición del conocimiento. Pero

---

<sup>14</sup> La sistematicidad, dentro de este marco conceptual, es la marca del conocimiento. No hay conocimiento sin sistematicidad. Pero, como se verá, la sistematicidad sólo es un ideal regulativo de nuestro conocimiento.

dentro de la sistematización cognoscitiva de Rescher son patrones de conocimiento. No existen verdades pre-sistemáticas, ni verdades extra-sistemáticas. La sistematicidad es un árbitro de lo que se considera conocimiento, por lo que es un árbitro de la verdad.

Pero no debe olvidarse que éstos son parámetros para un sistema. En consecuencia, su valor es contextual. Lo que puede parecer violar uno de estos parámetros en un determinado contexto, no lo viola en otro contexto, en otro sistema.

Un sistema debe tener todas estas características. Aunque no en un mismo grado. Cada uno, y todos, estos factores hacen a la sistematización. Algunos puede entrar en conflicto en situaciones concretas, es decir, priorizar a uno puede significar sacrificar otro. Por esta razón la 'sistematicidad real' se da en la interrelación de todos estos factores, una interrelación que hace aparecer a veces en un grado muy débil algunos de estos parámetros.

Aceptada la tradición occidental en la que el conocimiento tiene la característica esencial de la sistematicidad<sup>15</sup> (la totalidad de las tesis verdaderas conforman un sistema cohesivo), quedan dos opciones fundamentales para su construcción. La primera opción es denominada, por Rescher, pre-hegeliana. En ésta, primero se determinan las verdades y luego se las sistematiza. La segunda opción, que denomina *inversión hegeliana*, tiene en su base la idea de que si algo es sistematizable, entonces es verdadero.

---

<sup>15</sup> Esta característica es obviamente predicable de la ciencia ya que esta es “-virtualmente por definición- una rama del conocimiento que sistematiza nuestra información de algún área de los hechos empíricos”. (Rescher 1979/1981: 36).



Esta segunda opción es un corolario de la teoría coherentista de verdad. La sistematicidad es el árbitro de la verdad. No existen verdades pre-sistemáticas. Es el sistema el que efectúa el control de nuestro conocimiento.

Ahora bien, si la determinación de verdades es el producto de la sistematización, y además no existen verdades pre-sistemáticas, entonces se puede sostener que no existen verdades preferenciales, o enunciados básicos de los que dependa la verdad de otros enunciados. Si esto, que no es más que otra manera de enunciar la inversión hegeliana, se une con una noción coherentista de la verdad, entonces se obtiene lo que se ha denominado *sistema en red*.

El modelo de sistema en red se plantea como una alternativa a la sistematización fundacionalista. En esta última existen verdades básicas que reciben su condición de tales a través de patrones extrasistemáticos. El resto de los enunciados son verdaderos en relación a esas verdades básicas. El paradigma por excelencia del modelo fundacionalista es el sistema axiomático.

El modelo en red tiene las siguientes características:

a) En un sistema cognoscitivo las tesis están *interrelacionadas*, pero sin orden jerárquico.

b) Estas conexiones son de naturaleza *inferencial*, pero no necesariamente deductiva.

c) El modo de justificación no es lineal, sino que incluso puede proceder a través de una *justificación en grandes ciclos*. A nivel global no es axiomático. Sin embargo, localmente puede tener tesis que mantienen relaciones absolutamente deductivas con otras.

d) En un sistema en red ciertos *componentes pueden ser modificados* sin consecuencias para el todo.

Dentro de este modelo en red se parte de todos los ‘datos’ (en el sentido técnico antes mencionado); luego se buscan todas las opciones accesibles para la resolución de conflictos que representen las posibles alternativas que estén cognoscitivamente a nuestro alcance. Se elige entre estas alternativas tomando como guía consideraciones de plausibilidad, que en este contexto pueden ser los parámetros de sistematicidad.<sup>16</sup> A través de este proceso, que transforma la inconsistencia en consistencia, se pueden controlar y corregir los datos, incluso los datos en los que se basa el mismo sistema. Esta característica de retroalimentación del sistema hace que el proceso de confirmación sea complejo y cíclico. En cada ciclo se aumenta la plausibilidad de los datos<sup>17</sup>. Este es un modo más metodológico-epistemológico de enunciar la forma en que procede efectivamente el coherentismo de Rescher.

Dada la inversión hegeliana se puede decir que las tesis que tienen garantía dentro del sistema son aceptables porque pertenecen a un sistema acertadamente construido. Acertadamente construido hace referencia a construido con los métodos apropiados. De este modo las tesis no son validadas por su contenido sino por los métodos por las

---

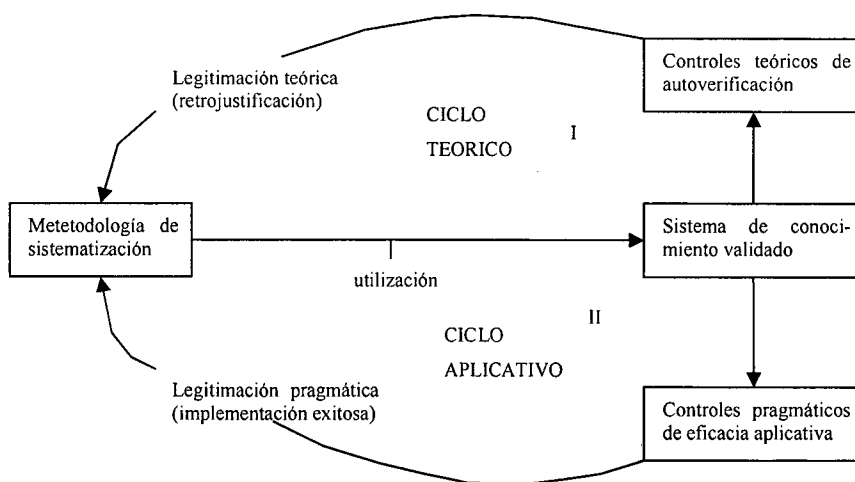
<sup>16</sup> Rescher desarrolla un aparato formal para tratar con el razonamiento plausible. El razonamiento plausible es aquel que permite realizar inferencias a partir de premisas inconsistentes, no debe confundirse con razonamiento probabilista. Para un desarrollo de las herramientas formales cf. (Rescher 1976).

<sup>17</sup> Resulta también una característica de los datos que estos no tienen restricciones de generalidad, ni existen fuentes privilegiadas. Aunque sí existen fuentes más confiables que otras. Pero la noción de confiabilidad está basada en la confiabilidad demostrada en producciones anteriores de datos, en otros ciclos o procesos de evaluación.

que fueron construidas. Una tesis es justificada por la aplicación de un método, y la adopción de ese método es justificada por criterios prácticos. La justificación sigue esta regla: “Las afirmaciones verdaderas a través de los métodos, y los métodos a través de la praxis” (Rescher 1992: 226). En esto consiste el *pragmatismo metodológico*.

Se puede entonces afirmar que existen dos modos de legitimar (complementarios y ambos necesarios) nuestras creencias fácticas. El primero es a nivel teórico que podría denominarse de coherencia cognitiva. El segundo es la eficacia pragmática a nivel práctico. Los parámetros del segundo son fundamentalmente el éxito en la predicción y la eficacia en el control.

Estos dos modos de legitimación funcionan de modo integrado a través de dos ciclos. El siguiente cuadro muestra el doble ciclo de legitimación de la metodología de la sistematización (Rescher 1979/1981: 120).



Rescher desarrolló su pensamiento a través de un gran número de obras, esto ha provocado que fuera pasible de críticas aisladas sobre alguna obra en particular. En muchos casos estas críticas tenían su respuesta en otra obra. Por esa razón escribió los tres volúmenes que pretenden sistematizar su pensamiento (Rescher 1992; Rescher 1993; Rescher 1994b). Desde la perspectiva de la teoría coherentista de la verdad, se le ha criticado que el coherentismo que Rescher defiende sólo rescata la consistencia, sin tener en cuenta la consonancia que ha sido una de las características clásicas del coherentismo<sup>18</sup>. Teniendo en cuenta sólo su teoría de la verdad, la observación tiene cierta base. Los métodos que hemos expuesto en el apartado anterior están fuertemente dirigidos a producir consistencia dentro de la inconsistencia, y poco dicen acerca de la consonancia. Ahora, desde un punto de vista más epistemológico-metodológico la consonancia y la cohesión son marcas fuertes del conocimiento a través de la sistematización cognoscitiva. Más aún, dentro de la sistematización cognoscitiva la consistencia es sólo uno de los parámetros de la sistematización. Dado que los parámetros, en sistemas reales, no ideales, pueden darse en distinto grado, puede sacrificarse la consistencia en favor de la cohesión. El modelo en red permite que la consistencia se recupere en alguna parte de la red, permaneciendo 'grumos' de inconsistencia dentro del sistema. Así la coherencia cognitiva es más que la consistencia y no puede reducirse a ésta.

---

<sup>18</sup> Por ejemplo, (Bonjour 1976).

#### 4. La justificación coherentista-pragmatista de la inducción

La justificación del razonamiento inductivo es y ha sido uno de los puntos centrales de la filosofía de las ciencias. Dentro de esta sistematización coherentista-pragmatista el razonamiento inductivo adquiere un importante papel metodológico.

Cabe aclarar que la justificación del razonamiento inductivo que se alcanza dentro de este marco no soluciona el problema humeano de la inducción. El razonamiento inductivo no tiene las pretensiones de certeza o preservación de la verdad del razonamiento deductivo. De este modo se descarta la posibilidad de una lógica inductiva.<sup>19</sup> Así, la inducción es considerada en su aspecto fundamentalmente metodológico.

Esta consideración metodológica de la inducción y el tipo de justificación del paso inferencial tiene muchas similitudes con la inferencia abductiva de Peirce<sup>20</sup>.

Veamos cómo funciona dentro de la sistematización cognoscitiva. La argumentación inductiva es fundamentalmente ampliativa. En ella podemos reconocer tres pasos:

---

<sup>19</sup> Esta afirmación descansa especialmente en una versión fuerte de la noción de lógica. "...existen otros patrones no deductivos de *razonamiento*, se sostiene que no son "lógicas" en el estricto sentido...La lógica deductiva es vista como la única *lógica* genuina, y cualquier otra "lógica" -tal como la lógica inductiva- es el aparato (puramente formal) de aquella suplementado con algún cuerpo adecuado de supuestos y presuposiciones *materiales*". (Rescher 1976: 101-102 las cursivas son del autor).

<sup>20</sup> La inferencia abductiva será analizada en el capítulo III.

a) Comenzamos con una situación en la que poseemos pocas premisas.

b) Se elaboran diferentes premisas alternativas (no podemos decir todas las diferentes premisas ya que las alternativas realmente disponibles están determinadas contextualmente).

c) A través del análisis plausibilístico se elige(n) la(s) alternativa(s).

El último paso puede requerir el uso de herramientas deductivas. Las consideraciones de plausibilidad serán fundamentalmente de tipo sistemático (coherentista). Pero, como ya se dijo, la justificación del coherentismo es de tipo pragmática.

La justificación es cíclica (¿viciosa?)<sup>21</sup>. Porque en última instancia la justificación de la inducción como método para explorar la naturaleza, descansa en su eficacia para realizar tal tarea. Pero el único medio que tenemos de control es precisamente el medio con el cual la exploramos.

Queda claro, entonces, que desde esta perspectiva no puede afirmarse que la conclusión de un razonamiento inductivo sea correcta, sino sólo que la conclusión tiene garantías racionales para su aceptación. Estas garantías racionales tienen relaciones mediatizadas con la verdad. La conclusión de un argumento inductivo será *más plausible* que otras alternativas -mejor calificada para la aceptación que cualquiera de las alternativas. Es la maquinaria de la sistema-

---

<sup>21</sup> Dentro del coherentismo muchas argumentaciones tienen al menos el aspecto de “viciosas” porque la misma naturaleza de la argumentación es cíclica y no hay posibilidad de un tercer punto de apoyo para salir de estos ciclos.

tización coherentista la que, a través de sucesivos ciclos, nos llevará hacia lo *presumiblemente verdadero*.

Bajo circunstancias ideales podría sostenerse que el proceso nos lleva hasta la verdad. Pero en los casos ‘reales’ sólo nos lleva hasta estimaciones de la verdad. La verdad, tal como dije antes, sólo podría alcanzarse mediante una coherencia ideal con una base de datos perfecta. Pero siempre poseemos (y poseeremos) una base de datos imperfecta, en consecuencia el mecanismo de coherencia nunca puede ser perfecto.

Rescher denomina a su justificación de la inducción experimentalmente pragmática. Ésta consiste en mostrar que un método funciona como una cuestión de experiencia empírica tan bien como cualquier alternativa que se haya intentado, i.e. que se haya probado a sí misma en la práctica. Sin embargo, experimentalmente parece significar aquí experiencialmente. Desde esta perspectiva, las tesis sustantivas se justifican metodológicamente y estos métodos reciben una justificación práctica o instrumental. La justificación práctica o instrumental consiste en la evaluación de la capacidad de los métodos en alcanzar los propósitos. Esto supone que la inducción debe ser vista, bajo esta luz metodológica, como un procedimiento para proveer una garantía racional para la aceptación de generalizaciones. El objetivo no es establecer la verdad de una generalización, sino validar la racionalidad de una práctica; en este caso, una práctica epistémica en la que se apoyan las generalizaciones. No se trata de justificar la “racionalidad de demostrar una tesis (uniformidad de la naturaleza), sino la de validar una práctica que

entonces es a su vez garantizadora de la tesis”<sup>22</sup>. Debe quedar claro que en este contexto ‘práctica con éxito’ excluye la práctica puramente epistémica de la adquisición del conocimiento y debe entenderse como práctica real orientada a la actividad. En este contexto, lo que se justifica no sólo no es la verdad de la conclusión de una inducción, sino que tampoco se justifica la regla misma, en tanto regla de inferencia. Lo que se justifica es la racionalidad de la aplicación de una metodología en función de su éxito en el pasado, o de su éxito en función de determinados contextos. La justificación no legitima la verdad sustantiva, sino que la inducción es una manera de realizar estimaciones de la verdad. Es en este punto donde se introducen argumentos de plausibilidad.

El esquema de justificación sería como sigue:

- Validación metodológica de inducción en tanto que práctica.
- Validación de una tesis sustantiva inductivamente, en base a los datos relacionados con el pasado.
- Aplicación deductiva de la generalización con respecto a ejemplificaciones futuras.

La validación metodológica de la inducción como práctica, tendría desde mi punto de vista, las siguientes ventajas (desde otros puntos de vista más logicistas, estos puntos la desacreditan como justificación): a) La validación de las prácticas se realiza en tanto que cumplan los objetivos, pero los objetivos varían con el contexto. Esto

---

<sup>22</sup> (Rescher 1973/1980: 49). Un desarrollo interesante y más reciente de su posición respecto a la inducción se encuentra en (Rescher 1992).



si bien hace muy débil el concepto de validación, establece una interesante relación de *feedback* entre la base de conocimiento y las prácticas metodológicas que parece muy acorde a la práctica científica. b) Como consecuencia de a) no existe una estrategia inductiva privilegiada sobre las anteriores sino que es posible realizar una jerarquización de las estrategias en función de los contextos de aplicación, probablemente sea posible no sólo la evaluación jerárquica, sino también el “refinamiento” de las estrategias. En este punto es interesante la diferencia con Reichenbach; Rescher llama “justificación de esto o nada” a la de Reichenbach. c) Este tipo de validación no tiene un compromiso específico con algún lenguaje de representación de la o las estrategias inductivas. No existe una forma de representación privilegiada, sino que ésta también varía según el contexto.

## **5. El carácter regulativo de la sistematización cognoscitiva**

Hasta aquí se ha visto la sistematización en su aspecto epistemológico, o mejor aún en su rol metodológico. Pero, ¿requiere la sistematización de nuestro conocimiento la sistematicidad de lo real?

La sistematicidad del conocimiento tiene una base fundamentalmente metodológica, y en última instancia un fundamento ligado a la racionalidad humana. Sostener que la sistematicidad es un ideal regulativo de nuestra investigación del mundo, sostiene Rescher, no requiere la sistematicidad del mundo. La naturaleza no necesita ser

sistemática para ser examinada de modo sistemático. Si encontramos rasgos de sistematicidad en el mundo ese es un producto de nuestra investigación sistemática, y no necesita ser un presupuesto para su realización. Es la estructura de nuestro conocimiento la que es sistemática, no necesariamente el contenido.

En desarrollos últimos del pensamiento de Rescher<sup>23</sup> esta afirmación es acotada notablemente. Se basa fundamentalmente en argumentos de tipo evolucionistas o naturalistas. El argumento, en pocas palabras, sostiene que nuestra estructura de pensamiento requiere la sistematicidad del conocimiento. Pero nuestra estructura intelectual es el producto de la evolución de nuestra especie en la naturaleza. Como tal, se desarrolló como herramienta para la supervivencia, para la manipulación y control de la naturaleza. En consecuencia, debe existir algún tipo de correlación entre nuestra estructura intelectual y el mundo. Rescher desarrolla numerosos argumentos de este tipo para determinar, por ejemplo, la relación matemática-mundo, legitimación de ciertos métodos, etc. He dejado de lado estos argumentos en mi exposición porque creo que son sustancialmente débiles con respecto al resto de la argumentación. Son débiles, desde mi propio punto de vista, básicamente por dos motivos. Por un lado, es posible no atender a ellos dejando al 'sistema' intacto. Por otro lado, estos argumentos se dirigen a problemas 'fundacionales' y se basan en una teoría (el evolucionismo) de una disciplina científica particular. Esta teoría dentro del marco de la sistematización cognoscitiva sólo ofrece "la mejor de las estimaciones de la verdad" entre las alternativas disponible en una temática

---

<sup>23</sup> Por ejemplo, (Rescher 1992).

particular. Esto impide el paso a la ontologización en un sentido bastante fuerte como el que da Rescher. Aún aceptando la presunción de verdad ofrecida por esa teoría particular, ello no implica que la única alternativa coherente y plausible sea el isomorfismo estructural entre conocimiento y mundo.

## 6. El realismo científico.

Durante la década del '80 la disputa entre realistas y anti-realistas ocupó un lugar central en la filosofía. Rescher no es ajeno a esta polémica. En 1987 publica un libro sobre esta temática que pretende sintetizar gran parte de ella. En éste desarrolla su posición, que es contraria tanto a las formas conocidas de realismo, como de anti-realismo, al menos en su versión instrumentalista.

De lo expuesto hasta aquí se deriva fácilmente su oposición al realismo. Los enunciados de nuestra ciencia actual no son verdaderos, sino que son nuestras mejores estimaciones de la verdad en las circunstancias presentes. Por otra parte, la historia de la ciencia nos muestra un rasgo característico del conocimiento científico: su falibilismo. La ciencia no progresa sólo por acumulación. También lo hace por sustitución. No podemos, en consecuencia, sostener que el mundo es tal como la ciencia lo describe. Tampoco podemos sostener que las entidades que la ciencia utiliza para su descripción del mundo existen realmente en el mundo.<sup>24</sup> La realidad es adecuadamente

---

<sup>24</sup> En este punto Rescher hace caso omiso a la distinción que predominó entre realistas: realismo de entidades y realismo de teorías. La omisión obedece, supongo, a que el tipo de crítica que desarrolla no requiere de la distinción.

descripta sólo por la ciencia ideal, pero la ciencia ideal es algo que no tenemos. Aunque la ciencia ideal tampoco es una meta (que nos permitiría ser convergentistas hacia la verdad al modo de Peirce), es sólo un ideal regulativo de la ciencia.

Sin embargo, durante esta exposición se ha supuesto que el conocimiento, y en particular la ciencia, se propone alcanzar la verdad. Esto permite distinguir entre realismo de propósitos y realismo acerca de los productos. Es el último el que será rechazado por Rescher. No estamos en condiciones de afirmar que la ciencia logró una caracterización de la realidad. Sin embargo, sostiene, la ciencia es realista en sus propósitos:

se interesa en establecer los hechos *verdaderos* del mundo *real*... Cuando miramos *lo que la ciencia afirma*, el contenido y la sustancia de sus declaraciones, vemos que estas declaraciones son realistas en intenciones, que se proponen describir el mundo como es en realidad. Pero cuando vemos *cómo hace la ciencia sus afirmaciones* y notamos la tentativa y la provisionalidad con la cual es ofrecida y aceptada... no estamos preparados para afirmar qué es el mundo real. ...El realismo prevalece con respecto al *lenguaje* de la ciencia (i.e., el contenido de sus declaraciones); es abandonado con respecto al *estatus* de la ciencia (i.e., la sostenibilidad y correctitud última de sus afirmaciones) (Rescher 1992: 284-285 las cursivas del autor).

La crítica al instrumentalismo<sup>25</sup> es más externa. Se basa fundamentalmente en que éste abandona las pretensiones de la ciencia de alcanzar la verdad. Rescher sostiene que el instrumentalismo es una

---

<sup>25</sup> El instrumentalismo es aquella posición que sostiene que las entidades teóricas de la ciencia no existen, son meras ficciones útiles para dar cuenta de los fenómenos observables. Existen diferentes formas de instrumentalismo, pero estas concuerdan en que las teorías son sólo herramientas de cálculo, 'cajas negras' a las que no podemos asignarles ontología. Algunas precisiones sobre el instrumentalismo se desarrollan en el próximo capítulo.

consecuencia errónea del falibilismo de la ciencia. Al abandonar el objetivo de la verdad, se abandona no sólo un objetivo básico de la ciencia (responder nuestras preguntas acerca del mundo real), sino que conjuntamente se dejan numerosas cuestiones sin respuesta. La diferencia entre instrumentalistas y realistas se resume en la manera de resolver la ecuación costo-beneficio ante la elección entre *aversión al riesgo epistemológico* y *el ímpetu de comprensión, la seguridad y la información*. El instrumentalismo “constituye un impedimento injustificable de nuestros ímpetus hacia la explicación de por qué los fenómenos son como son -una explicación que debe, por la naturaleza de las cosas, utilizar en última instancia términos no fenomenales” (Rescher 1987: 54)

El realismo de propósitos de Rescher no permite el paso hacia una ontología fuerte, pero sí deja la puerta abierta para la explicación. Como se ve, la explicación es el pivote de la empresa científica. La ciencia se propone alcanzar explicaciones del mundo.

## II. El empirismo constructivo de van Fraassen

Bas van Fraassen ha presentado lo que podría denominarse un programa empirista para una filosofía de la ciencia post-positivista. La presentación más completa de este programa puede encontrarse en *La imagen científica* (1980/1996) y de modo más fragmentario en artículos posteriores. Los libros siguientes, *Law and Symmetry* (1989) y *Quantum Mechanics: An Empiricist View* (1991), han sido un desarrollo del programa empirista. El primero es principalmente una crítica al concepto filosófico de ley de la naturaleza. En este libro, van Fraassen sostiene que parte de las funciones que cumplía el concepto filosófico de ley de la naturaleza son cumplidas por el concepto de simetría. *Quantum Mechanics: An Empiricist View* es una aplicación del empirismo constructivo y de su concepción de simetría al campo de la teoría cuántica.

Así, la principal fuente para la presentación del empirismo constructivo de van Fraassen en este capítulo será *La imagen científica*. En este sentido, esta obra se presenta como un manifiesto empirista que es tanto una versión positiva de una filosofía de la ciencia empirista, el *empirismo constructivo*, como también una de las

críticas más fuertes a posiciones alternativas, especialmente en lo que al realismo científico se refiere.

En este capítulo presentaré al empirismo constructivo de un modo general. Luego de la publicación de *La imagen científica* se produjo un número importante de críticas a la posición de van Fraassen. Sin embargo, la mayor parte de las mismas tuvieron como eje central el anti-realismo de van Fraassen. En este capítulo el anti-realismo de van Fraassen sólo será presentado como parte de su posición empirista constructiva, a pesar de que la obra citada tiene como uno de sus ejes centrales la defensa del anti-realismo, y constituye uno de los ataques más fuertes y agudos que haya recibido el realismo científico. Mi intención será reconstruir los aspectos centrales del empirismo constructivo que resultan relevantes para el tema central que me ocupa, quedando el debate realismo – anti-realismo, que caracterizó a la década del 80 en filosofía de la ciencia, como un tópico en el que puede aplicarse el ‘manifiesto empirista’ de van Fraassen. Algo similar sucederá con otros aspectos del pensamiento de van Fraassen, tal como la concepción semántica de las teorías, la pragmática de la explicación o su posición frente a la modalidad. Desde otras perspectivas estos tópicos pueden ser centrales; aquí sólo realizaré una caracterización somera de su posición frente a ellos, centrándome fundamentalmente en su variante de empirismo en filosofía de la ciencia. Otros aspectos, como su punto de vista acerca de la inferencia a la mejor explicación y el rol de la experimentación en la actividad científica son tratados en otros capítulos de esta tesis.

Puesto que uno de los fundamentos básicos del empirismo en general, así como en el empirismo constructivo, radica en la distinción

observable – no observable, la mayor parte de este capítulo tratará de explicitar este aspecto.

Así, en la primera sección se presentarán algunas características generales del empirismo constructivo, y la segunda sección estará dirigida a la distinción observable – inobservable.

## 1. Una caracterización general

Casi terminando *La imagen científica* van Fraassen describe lo que es ser un buen empirista:

Ser empirista significa evitar creer en cualquier cosa que vaya más allá de los fenómenos manifiestos, observables, y no reconocer ninguna modalidad objetiva en la naturaleza. Desarrollar una caracterización empirista de la ciencia es describirla como si implicara la búsqueda de la verdad únicamente acerca del mundo empírico, acerca de lo que es manifiesto y observable. Puesto que la actividad científica es un fenómeno cultural enormemente rico y complejo, esta caracterización de la ciencia debe estar acompañada por las teorías auxiliares acerca de la explicación científica, el compromiso conceptual, el lenguaje modal y muchas otras cosas. Pero siempre y en todas partes debe incluir el resuelto rechazo de la petición de una explicación de las regularidades en el curso observable de la naturaleza, por medio de verdades que conciernen a una realidad más allá de lo manifiesto y observable –ya que esa petición no desempeña ningún papel en la empresa científica. (van Fraassen 1980/1996: 247)

Esta caracterización del empirismo podría aplicarse casi a cualquier empirismo en filosofía de la ciencia. Lo que distingue al empirismo de van Fraassen, como un intento de superación de las dificultades que tuviera el empirismo de principio de siglo, es lo que



denomina *empirismo constructivo*. El propio van Fraassen caracteriza al empirismo constructivo de la siguiente manera:

Empleo el adjetivo 'constructivo' para indicar mi concepción de la actividad científica más como una construcción que como un descubrimiento: construcción de modelos que deben ser adecuados a los fenómenos, y no descubrimiento de verdades respecto de lo inobservable. (van Fraassen 1980/1996: 20)

Esta caracterización del empirismo constructivo en conjunto con su descripción del objetivo de la ciencia, constituyen el nudo central de la posición de van Fraassen:

La ciencia se propone darnos teorías que son empíricamente adecuadas; y la aceptación de una teoría involucra como creencia solamente que ella es empíricamente adecuada. (van Fraassen 1980/1996: 28)

La imagen de las teorías científicas que brindó el empirismo tradicional, sostiene van Fraassen, está demasiado inmersa en una filosofía orientada por el lenguaje con un enfoque predominantemente sintáctico. El enfoque en el que se basa el empirismo constructivista es de tipo semántico<sup>26</sup>. La noción central es la noción de *modelo*. Un modelo es cualquier estructura que satisface los axiomas de una teoría. En realidad, la noción de modelo, cuando se utilice para describir la estructura de las teorías científicas y su relación con el mundo, no requerirá de una noción de axioma demasiado rígida.

El enfoque semántico, para este autor, permite establecer cierto tipo de relaciones que el enfoque sintáctico deja en la oscuridad. En el

---

<sup>26</sup> La versión semántica de van Fraassen se distingue de otras, como la estructuralista, por la teoría matemática de base. Mientras en el enfoque estructuralista este es un lenguaje conjuntista, en el enfoque de van Fraassen es una aplicación de la semántica de Beth. Cf. (van Fraassen 1987).

primero el lenguaje usado para expresar la teoría no es único. Presentar una teoría es presentar la familia de sus modelos. Esta familia puede ser presentada por medio de diferentes lenguajes y ninguno de ellos es privilegiado. El enfoque semántico haría más simple encontrar estructuras que conformarían la clase de modelos de una teoría como un todo. Pero no es tan fácil encontrar leyes que funcionen como axiomas para una teoría como un todo, las leyes suelen tener un alcance restringido.

La siguiente lista refleja los aspectos centrales del empirismo de van Fraassen:

a) La ciencia no se propone brindarnos teorías verdaderas, sino empíricamente adecuadas.

b) Aceptar una teoría es creer que es empíricamente adecuada.

c) La aceptación de una teoría no implica la creencia en su verdad.

d) Sin embargo, el lenguaje de la ciencia debe ser entendido literalmente.

e) La explicación no constituye un valor epistémico para una teoría. Sin embargo, la explicación podría ser un criterio para la elección de teorías, aunque un criterio pragmático que nada tiene que ver con la verdad.

f) La modalidad es parte del lenguaje de la ciencia, aunque dada la idea de adecuación antes mostrada, no implica creer que la misma es parte de la naturaleza.

Los ítems a), b) y c) son el nudo central del anti-realismo de van Fraassen. Para hacer sostenible este anti-realismo es necesario

caracterizar la noción de adecuación empírica. Sin embargo, esta noción, tanto en su versión sintáctica como semántica, requiere de la distinción observable – inobservable.

Lo que d) muestra es la estrategia por la que van Fraassen pretende eliminar gran parte de las dificultades que tuviera empirismo a principio de siglo. La idea de que el lenguaje de la ciencia debe ser entendido literalmente, que no requiere de ningún tipo de ‘purificación’ o ‘transformación’ evita, según el propio van Fraassen, que su anti-realismo sea entendido como una forma de instrumentalismo.

A partir de e) se desarrolla la pragmática de la explicación de van Fraassen. Aunque hay que destacar que la misma fue desarrollada especialmente en el capítulo 5 de *La imagen científica*<sup>27</sup>. La propia idea de la pragmática de la explicación es una consecuencia de su anti-realismo. Aceptar el criterio de que ante teorías empíricamente equivalentes es posible elegir por sus virtudes explicativas, parece implicar –aunque no para van Fraassen- que es razonable creer que la teoría sea probablemente verdadera, y que existen entidades básicamente similares a las postuladas por la teoría. Salmon y Kitcher (1987) realizaron una fuerte crítica a la posición de van Fraassen sobre la explicación científica.

Resulta claro a partir de lo expuesto que una de las bases de su filosofía se encuentra en la distinción observacional – no observacional. Por lo que lo que resta de este capítulo estará dedicado a la misma.

---

<sup>27</sup> También existe un intento de adecuar la teoría de la confirmación *bootstrap* de Glymour con su concepción de la explicación (van Fraassen 1983).

## 2. La distinción observacional – no observacional

En el primer apartado de esta sección intentaré resumir la distinción observacional – no observacional tal como es presentada en *La imagen científica* y en la posterior defensa que se desarrolla en *Images of Science* (van Fraassen 1985). En el segundo apartado presentaré las principales críticas que la misma recibiera y expondré con algún detalle la crítica que recibiera el nombre de *argumento de Friedman*. En el tercer apartado intentaré presentar una réplica a esta última crítica utilizando principalmente los propios textos de van Fraassen. Finalmente se intenta una reflexión más general acerca de la importancia que una distinción de este tipo pueda tener dentro de la filosofía de la ciencia, más allá del debate realismo-anti-realismo.

### 2.1. ¿Dónde traza van Fraassen esta distinción?

Para van Fraassen el problema de la distinción teórico-observacional tal como había sido planteado y discutido hasta ese momento confundía dos problemas diferentes. Por un lado, “los términos o conceptos son teóricos (introducidos o adaptados para los propósitos de la construcción de teorías)” (van Fraassen 1980/1996: 30), y por otro lado, las entidades son observables o inobservables.

En el primer caso, nos encontramos con una distinción planteada a nivel de lenguaje. En este plano es claro, para van Fraassen, el fracaso del programa del positivismo lógico. Según este autor no puede realizarse tal distinción en este plano, no tiene sentido plantear una dicotomía entre términos observacionales y términos teóricos. “El error, pienso, fue confundir una teoría con la formulación de una teoría en un lenguaje particular” (van Fraassen 1989: 221).

“Todo nuestro lenguaje está completamente infectado de teoría... esto también es verdad de los informes experimentales” (van Fraassen 1980/1996: 30-31).

Con respecto a la segunda distinción, entre entidades observables y entidades no observables, van Fraassen sostiene que es un problema empírico determinar los límites de la observabilidad humana. Es la misma ciencia la que hace el recorte de lo que es observable por nosotros, en tanto que organismos en el mundo. Esto no tendría consecuencias relativistas, porque no se sostiene que lo observable sea dependiente de la teoría, sino que los límites de la observabilidad humana son un problema empírico, no filosófico<sup>28</sup>. La ciencia es la que determina lo que es observable por nosotros y, en consecuencia, nuestra concepción de lo que es observable (por nosotros) podría cambiar con el tiempo. “...el valor [import] empírico de la teoría se define ahora desde dentro de la ciencia, por medio de una distinción, trazada por la ciencia misma, entre lo que es observable y lo que no es” (van Fraassen 1980/1996: 107).

Esta caracterización de la distinción como un problema empírico que la ciencia misma ‘resuelve’ ha sido tomado por los lectores de van Fraassen, y a veces pareciera que por el propio van Fraassen, en dos sentidos diferentes:

1. La distinción entre entidades observables y entidades inobservables es un problema empírico que la ciencia

---

<sup>28</sup> En este punto van Fraassen sostiene una tesis que pretende romper con el continuo de la observabilidad sostenido por Maxwell. Lo observable (por nosotros) es aquello que está en nuestro rango de observabilidad, ‘vemos’ a través de algunos telescopios, porque si estuviéramos suficientemente cerca veríamos esos objetos. Pero no ‘vemos’ micropartículas a través de una cámara de niebla, porque jamás podrían ser vistas a ojo desnudo.

resuelve porque depende de las limitaciones que tenemos como organismos biológicos respecto de lo que podemos observar. Así será resuelto por una teoría de la percepción humana.

2. Son las propias teorías las que recortan aquello que es observable dentro de su propio ámbito.

Existe una tercera posibilidad, que consiste en sostener que cada teoría recorta lo que es observable dentro de su ámbito, pero el recorte tiene su base en nuestras limitaciones *qua* individuos humanos. Estas limitaciones se pondrían de manifiesto a través de una teoría fisiológica y psicológica de la percepción. Esta interpretación daría cuenta de la ambigüedad de van Fraassen, y haría más dificultosa la posibilidad de entender algunas de las críticas a la distinción que se basan en alguna de las interpretaciones anteriores.

En la aproximación semántica de van Fraassen, los fenómenos observables son subestructuras de los modelos. Si aceptamos teorías que sean empíricamente adecuadas, entonces son esas subestructuras de los modelos las que deben ajustarse con los fenómenos. Una teoría, o más estrictamente sus modelos, describen más que aquello que es observable. La teoría contiene descripciones de entidades no observacionales. Correlativamente, los modelos contienen subestructuras no observacionales. Aceptar una teoría, desde el empirismo constructivista, no es determinar la verdad o falsedad de esas descripciones, sino determinar si los modelos se ajustan a los fenómenos observables. Son entonces las subestructuras empíricas las que deben someterse al test de la experiencia<sup>29</sup>. Un modelo es

---

<sup>29</sup> Sin embargo, no debe olvidarse que van Fraassen retoma una idea de Suppes, P. (1974/1988) por la que nunca enfrentamos, en realidad, una teoría con

adecuado empíricamente, ‘salva los fenómenos’, exactamente si todas las apariencias (aquellas estructuras que pueden ser descritas por los reportes experimentales o por mediciones) son isomorfas con subestructuras del modelo.

Así, la adecuación empírica de una teoría no nos lleva a su verdad, no nos lleva a la creencia (si creencia implica creer que es verdadera). Sólo aceptamos una teoría porque es adecuada empíricamente. Sin embargo, aún la adecuación empírica tiene los problemas de la subdeterminación, ya que nunca tenemos todas las mediciones que permitan confrontar todas las subestructuras empíricas del modelo. Van Fraassen reconoce este punto, pero sostiene que este argumento favorece a la idea de la aceptación contra la de la verdad, ya que ésta es bastante más débil y nos separa bastante de una metafísica ontologizante.

Recordemos finalmente que la distinción, tal como se presenta, tiene como consecuencia que son observables aquellas entidades o propiedades de entidades que pueden detectarse sin la ayuda de instrumentos. *Observamos a través de un telescopio pero no a través de un microscopio.*

### ***2.2. Críticas a la distinción: el llamado argumento de Friedman o argumento de la coherencia.***

Gran parte de la crítica al empirismo constructivo de van Fraassen fue realizada en el marco del debate realismo – anti-realismo

---

los datos en bruto, sino que enfrentamos los modelos de la teoría con los modelos de los datos.

que caracterizó a la década del 80. Clasificaré la crítica en dos grandes grupos. El primer grupo de críticas dirigió su atención a la distinción observable – inobservable porque consideró que ésta era la base del anti-realismo. Si la distinción es insostenible, entonces cae el principal punto de apoyo del anti-realismo de van Fraassen. En general se trata de críticas que reformularon viejos argumentos dirigidos contra la distinción teórico – observacional del empirismo lógico. Más aún, muchas de ellas son una reformulación de los argumentos que Maxwell (1962/1989) formulara en su clásico artículo sobre la distinción teórico – observacional. Incluyo dentro de estas críticas al argumento de la continuidad, los argumentos de Churchland, etc<sup>30</sup>.

El segundo tipo de críticas tuvo la siguiente estrategia argumentativa: la distinción observable – inobservable de van Fraassen tiene por función apoyar su anti-realismo. Si la distinción no cumple con su propósito entonces la distinción es insostenible pues es incoherente. Voy a detenerme en una formulación particular de esa crítica. No me interesa la estrategia argumentativa general de la crítica según la clasificación que he realizado aquí, pues creo que la distinción observable – inobservable está en la base del empirismo constructiva y que el anti-realismo de van Fraassen se sigue de la distinción y de los presupuestos epistémico-empiristas de su filosofía de la ciencia y de su epistemología general. Sin embargo, la distinción no sería incoherente aunque de ella no se siguiera el anti-realismo. Aunque no puede negarse que el anti-realismo de van Fraassen necesita de alguna distinción de este tipo y del compromiso empirista.

---

<sup>30</sup> Estos argumentos aparecen en diversos artículos cf. especialmente los que aparecieron publicados en Churchland, P. - Hooker, C. (1985).



El argumento en cuestión fue formulado originalmente por Michael Friedman (1982) en una reseña de *La imagen científica* que publicara en el *Journal of Philosophy*. Luego Stephen Leeds (1994) elaboró algunas conclusiones a partir de este argumento que le llevaron a sostener que la distinción de van Fraassen es incoherente. Kukla (1998) reproduce el argumento de Leeds y lo denomina el *argumento de Friedman* afirmando que la distinción de van Fraassen es devastada por este argumento.

El argumento de Friedman brevemente expuesto sostiene que

van Fraassen nos dice (1) que podemos creer en las consecuencias observacionales de nuestras teorías, y (2) que aquellas consecuencias sólo pueden ser expresadas en un lenguaje cargado de teoría. El problema es que si (2) es verdadera, entonces cada expresión de nuestra creencia implica que algunas entidades teóricas –aquellas postuladas por la teoría que usamos para expresar nuestras creencias- existen. Pero esto significa que el anti-realismo es falso –porque es incoherente sostener que no podemos creer en las consecuencias lógicas de las hipótesis que podemos creer” (Kukla 1998: 139).

Friedman sostiene a modo de ejemplo:

Supongamos que afirmo, hablando el lenguaje de la teoría física contemporánea, que esta teoría es adecuada empíricamente [...] (i.e., los objetos observables se comportan *como si* fueran la subparte del mundo físico). Pero “los objetos observables” están caracterizados a partir de la propia imagen de mundo de la física moderna [...] En consecuencia, si afirmo que los objetos observables existen, también afirmo que ciertos sistemas complejos de partículas elementales existen. ¡Pero en consecuencia he afirmado que las partículas elementales (individuales) también existen! (Friedman 1982: 278 énfasis del autor)

Expresar este argumento en versión semántica, según Kukla y Leeds, sólo desplaza de lugar el problema pero no salva a la

distinción. Según el propio van Fraassen, desde la perspectiva semántica una teoría debe ser igualada con un conjunto de modelos, y decir que una teoría  $T$  es empíricamente adecuada es decir que el mundo de los fenómenos es isomórfico con un submodelo de  $T$  (Cf (van Fraassen 1980/1996):88).

En esta concepción, la creencia de que nuestras teorías corrientes son empíricamente adecuadas *no* implica la verdad de las afirmaciones teóricas que hacen referencia a la estructura de, [por ejemplo], el compuesto de  $10^{23}$  átomos de carbono. Estrictamente hablando, estos *y todos* los enunciados formulados en el lenguaje de la teoría no tienen valores de verdad. Lo que puede ser verdadero o falso es la creencia que las circunstancias en el mundo coordinan con el enunciado teórico acerca de los átomos de carbono. Pero, de modo patente, decir esto es simplemente cambiar de lugar el problema de Friedman. La cuestión ahora es: *¿Qué* evento en el mundo es el que coordina con la afirmación teórica acerca de los  $10^{23}$  átomos de carbono? [...] Si tenemos un lenguaje teóricamente neutral en el cual describir los fenómenos observables, podríamos coordinar las entidades postuladas por la teoría con los fenómenos en el mundo usando el lenguaje teórico para las primeras y el lenguaje teóricamente neutral para las últimas. Pero van Fraassen nos dice que no hay un lenguaje teóricamente neutral. En este caso, el único modo de especificar qué ítemes observables en el mundo corresponden a los varios ítemes en la teoría es usando *alguna* descripción teórica de los ítemes observables en el mundo –y esto nos compromete con la existencia de las entidades teóricas referidas en tal descripción. [...] De este modo, parece imposible afirmar lo que queremos afirmar sin hacer compromisos teóricos. [...Pero, además es también inaceptable] la afirmación de que el mundo de los fenómenos observables es isomórfico con un sub-modelo de nuestra teoría sin ser capaz de dar las reglas que coordinen los elementos del mundo y los elementos de la teoría. Esto es obviamente dejar a la teoría inútilmente suspendida en el mundo (Kukla 1998: 142 énfasis del autor).

Hasta aquí el argumento contra la distinción que termina en un dilema que hace a la distinción inoperante para su función de apoyar

al anti-realismo y que, además, encuentra problemas en el modo que relaciona aquello que la teoría recorta como observable con los fenómenos empíricos. Ahora intentaré explicitar la respuesta que imagino daría van Fraassen a esta objeción.

### ***2.3. Una posible respuesta a la crítica***

Aunque van Fraassen sostenga que no podemos resolver los problemas de la epistemología *en passant* en la filosofía de la ciencia, su empirismo constructivo supone una epistemología. Creo que en algunos artículos posteriores (cf. especialmente 1992) esta epistemología es expuesta de un modo más explícito y con esa base resulta interesante volver a *La imagen científica*.

De un modo bastante resumido puede presentarse la epistemología general de van Fraassen, en los aspectos que resultan relevantes para el tema que estamos tratando, a través del siguiente conjunto de tesis:

1. El empirismo de van Fraassen es un ejemplo de rechazo al Mito de lo Dado. No existen afirmaciones teóricamente neutrales, epistémicamente seguras y autoevidentes. No hay fundamentos para la creencia racional.
2. Aprendemos a hacer informes observacionales a través del condicionamiento de nuestra habilidad para decir algo bajo ciertas circunstancias.

Recordemos nuevamente que la única creencia involucrada en la aceptación de teorías es que ellas son empíricamente adecuadas. La ciencia no requiere más creencia que ésta. Sin embargo, la adecuación empírica

descansa en la independencia teórica de la adecuación empírica, i.e de la distinción observable/inobservable. Pero cuando alguien trata de implementar esta regla, su punto de partida no es la separación en la naturaleza de los objetos o procesos observables e inobservables, sino su opinión acerca de esta demarcación. Su opinión está históricamente condicionada por el lenguaje en el que enmarca todas sus opiniones, incluidos los informes observacionales –y este lenguaje está infectado con teorías que cree y que pueden ser falsas. Así en la práctica, la prosecución y la realización correcta de esta política epistémica empirista es fuertemente perspectivista, y dependerá del carácter histórico del lenguaje del científico o de la comunidad científica en cuestión (van Fraassen 1992: 14 preprint).

Aquí queda claro que sostener que la determinación de los límites de la observabilidad es un problema empírico que la propia ciencia resolvería, no puede ser entendido en el sentido de que es solamente la propia teoría en cuestión la que recorta las entidades observables. Parece más adecuada la que antes presenté como tercera posibilidad, es decir son las teorías las que recortan lo que es observable, pero este recorte tiene su base en nuestras limitaciones *qua* humanos.

Sin embargo, el llamado argumento de Friedman, y el propio Friedman, toman explícitamente la primera versión. Pero, además, ¿resulta legítimo en este marco pedir algo así como reglas de correspondencia expresadas en un lenguaje teóricamente neutral? Creo que la respuesta es negativa. Como individuos estamos condicionados para realizar informes observacionales frente a determinados estímulos. Pero la expresión de estos informes sólo puede hacerse en un lenguaje infectado de teoría. A pesar de esto, aunque nuestras opiniones varían, no varía lo que es observable o inobservable. Aunque sostenga un perspectivismo cognitivo, la ontología resulta

rígida e independiente de nuestro conocimiento. La última cita de van Fraassen resulta bastante clara en este aspecto, pero también puede verse que esta idea está sugerida en *La imagen científica*.

Sin embargo, esta respuesta no evade dos ángulos de crítica claramente diferentes al expuesto. En primer lugar se podría preguntar si la distinción trazada por van Fraassen se adecua al concepto de observación que utilizan los científicos. En segundo lugar, si la caracterización de adecuación empírica tal como se presenta en el empirismo constructivista se adecua a los procesos de testeo científico, teniendo especialmente en cuenta la práctica científica. Estas preguntas son contestadas parcialmente en otros capítulos de este trabajo, pero a diferencia de lo que Kukla sostiene, creo que son genuinas preguntas epistemológicas cuyas respuestas pueden mostrar límites al anti-realismo de van Fraassen, así como para la distinción entre entidades observables e inobservables (Cf. (Kukla 1998: cap. 3).

### **3. Algunas consideraciones finales**

Más allá del empirismo constructivo de van Fraassen, la crítica y la respuesta imaginaria que he presentado, me parece que pueden hacerse algunas consideraciones más generales. La respuesta ha puesto de manifiesto que el empirismo de van Fraassen es menos radical de lo que parece en *La imagen científica*. Si bien el empirismo constructivo dentro de *La imagen científica* se encuentra ya de alguna manera debilitado por la pragmática de la explicación, la respuesta que he construido a través de los propios textos de van Fraassen muestra

que la epistemología que subyace a su filosofía de la ciencia es de un empirismo bastante debilitado.

En un nivel más general creo que vale la pena preguntarse si la demanda por reglas de coordinación, hipótesis puente, o cómo quiera denominarse, es un problema al que han debido, deben y casi con seguridad deberán enfrentarse no sólo los empiristas, sino toda filosofía de la ciencia para la que lo empírico tenga un rol importante que jugar en el desarrollo de la ciencia y particularmente en el testeo de teorías científicas. Sin embargo, las respuestas a esta demanda, provengan del empirismo constructivo, la concepción semántica en general, o de cualquier otra filosofía, han resultado cuanto menos insatisfactorias. Aunque en lenguaje informal van Fraassen suele sostener el isomorfismo, no debe olvidarse que el isomorfismo estrictamente hablando debe, para este autor, plantearse en términos de modelo de teorías y modelo de datos. Esto sin duda sólo desplaza el problema a otro nivel, pero acaso ¿hay una filosofía de la ciencia que haya podido resolver este problema de modo satisfactorio en todos los niveles?

### **III. Una perspectiva inferencial: la abducción**

Desde una perspectiva inferencial pueden abordarse diversos problemas ligados a la experimentación. Puede verse la experimentación como un gran argumento, indicios de esta perspectiva aparecen en la idea de Peter Galison de 'cómo terminan los experimentos', pero de modo más nítido en los trabajos de Nancy Nersessian con su idea de 'narrativas experimentales'. Así mismo Deborah Mayo (1996) ofrece un análisis de las inferencias estadísticas involucradas en el diseño de experimentos y en la determinación e interpretación de datos.

La abducción se ha convertido en un tópico común en los tratados sobre metodología científica, filosofía de la ciencia e inteligencia artificial. Los tratamientos contemporáneos de la abducción coinciden en que ha sido Peirce quien originó la investigación sobre este tipo de inferencia ampliativa. Consideran a la obra de Peirce base de su propio trabajo, aunque no coinciden en cuanto a la caracterización de la inferencia abductiva, y no coinciden tampoco en la caracterización que adjudican al propio Peirce. Algo similar sucede con los trabajos de estudiosos de la obra peirciana, es posible encontrar interpretaciones realmente divergentes sobre este

punto. El conflicto principal, desde la perspectiva que intento plantear en esta sección, reside en determinar si la inferencia abductiva construye nuevos conocimientos o si sirve para elegir aquel que se considera más plausible o explicativo a fin de someterlo a testeo.

Las diferencias entre estas aproximaciones me han resultado tan notorias que considero que puede resultar fructífero volver a los textos de propio Peirce e intentar clarificar el problema. Aunque probablemente el resultado que se expone en este trabajo no sea más que una nueva interpretación dentro de la jungla de interpretaciones ya existente.

En el primer apartado brindaré una interpretación de la inferencia abductiva en la obra de Peirce, aunque debe tenerse en cuenta que la misma está fuertemente motivada por las discusiones contemporáneas en relación con el tópico. Sin embargo, se pretende que esas motivaciones faciliten y no empañen el tratamiento que se hace del pensamiento autor en cuestión. Más allá de Peirce, la abducción entró en el ámbito de la filosofía de la ciencia como *inferencia a la mejor explicación*. El cambio de nombre acarrea consigo importantes diferencias respecto a la abducción peirciana. La discusión contemporánea en el ámbito filosófico se ha centrado en general en una peculiar variante de la inferencia a la mejor explicación. El segundo apartado mostrará las diferencias entre la abducción y la inferencia a la mejor explicación. Estas diferencias permiten hacer explícitas algunos de los supuestos empiristas y pragmatistas que entran en juego en este tópico y que tienen consecuencias respecto de otras problemáticas centrales para el interés de este trabajo. En el apartado final mostraré una versión más personal



de la abducción, que tendrá mucho del espíritu peirciano, aunque también tendrá algunas diferencias importantes.

## 1. La abducción según Charles Sanders Peirce<sup>31</sup>

La interpretación de la abducción que desarrollaré se diferencia de otras fundamentalmente por el marco general en el que se desarrolla. Entiendo que la abducción, al igual que gran parte del pensamiento de Peirce, debe entenderse dentro del marco de lo que he denominado el programa metodológico de Peirce<sup>32</sup>. Éste consiste en un conjunto de tesis básicas que subyacen a sus investigaciones sobre muy diversos problemas, tales como pueden ser las inferencias, el problema de la percepción, el problema de la mente, la probabilidad, etc. Las tesis del programa metodológico que tienen incidencia directa en el tratamiento de la abducción, podrían resumirse de la siguiente manera<sup>33</sup>:

1. La principal motivación de la obra de Peirce ha sido explicar el crecimiento y la justificación del conocimiento, y particularmente del conocimiento científico.

---

<sup>31</sup> Agradezco a la profesora Atocha Aliseda por sus comentarios a una versión preliminar de este apartado.

<sup>32</sup> Con este mismo marco conceptual desarrollé un análisis de la inferencia inductiva en Peirce. (Cf (Velasco 1998)).

<sup>33</sup> Dentro del programa metodológico de Peirce podrían citarse dos tesis adicionales, pero que no afectan particularmente al problema que nos ocupa. Ambas tienen relación con su posición frente al realismo y plantean algunos problemas que me llevarían muy lejos del tema de este apartado.

2. El modo de abordar esa problemática ha sido fundamentalmente metodológico. Es principalmente el método el que permite explicar el crecimiento del conocimiento y es también a partir del método que el conocimiento se justifica. Estrictamente, no sólo se justifica sino que en el largo plazo garantiza que alcanzaremos la verdad.
3. El método científico como un todo, y no cada una de sus partes, tiene las virtudes antes mencionadas permitiendo alcanzar la verdad.
4. El método se compone de un conjunto de inferencias<sup>34</sup> que nos llevan a la generación y justificación de ese conocimiento.
5. Cada una de las inferencias tiene su peculiar modo de proceder y su propia justificación. Pero estrictamente llevan a la generación y justificación del conocimiento a través de su interrelación dentro del método.
6. Finalmente, la lógica es la base de toda investigación. La lógica funciona como fundamento básico de toda su propia investigación filosófica.

En lo que sigue, y utilizando el marco conceptual del programa metodológico de Peirce, intentaré defender una interpretación que sostiene que en la obra de Peirce la inferencia abductiva es:

- a) la que construye nuevas ideas;

---

<sup>34</sup> Inferencia se usa aquí en el amplio sentido de incluir en general procesos cognitivos que permiten pasar con alguna racionalidad de un conjunto de creencia a otra creencia.

- b) es también la inferencia que permite elegir entre las ideas propuestas aquellas más plausibles o explicativas;
- c) a pesar de que es posible encontrar diferentes tipos de justificaciones de esta inferencia, su principal justificación radica en su rol dentro del método;
- d) Por último, aceptar esta última justificación obliga a una reconceptualización de la lógica en general y constituye una seria restricción al proyecto de Peirce de una “lógica abductiva”.

#### ***1.1. La abducción y el método científico***

Según Peirce, todas las inferencias pueden clasificarse en tres tipos: abducción, deducción e inducción. La abducción también fue denominada por Peirce retroducción, inferencia hipotética o hipótesis, o también, aunque de modo más esporádico, *presumption*. La sinonimia de estas diferentes denominaciones es explícitamente sostenida por el propio Peirce<sup>35</sup> y no es posible encontrar un patrón temporal para el uso preferencial de una de las denominaciones<sup>36</sup>. Esto invalida de plano aquellas interpretaciones que han sostenido que la abducción refiere a un tipo de proceso y la retroducción a otro

---

<sup>35</sup> Cf. (Peirce 1931/1958: 1.65, 2.96). En adelante será citado como CP, el primer número remite al volumen y los números posteriores al punto al párrafo según la numeración de la edición mencionada.

<sup>36</sup> Fann (1970) sostiene que las diferentes denominaciones usadas por Peirce se corresponden con diferentes períodos en el pensamiento de Peirce. En particular, periodiza el pensamiento de Peirce en torno a la abducción en tres etapas. Sin embargo, aunque la caracterización de la abducción que este autor realiza para cada etapa resulta muy plausible, su asociación con diversos nombres para esta inferencia tiene demasiado contraejemplos en la obra.

(algunos intérpretes han distinguido entre construcción y selección, otros han marcado una diferencia entre inducción cualitativa y abducción como generadora de ideas)<sup>37</sup>.

Así para el autor que nos ocupa la abducción “es meramente preparatoria. Es el primer paso del razonamiento científico, como la inducción es el paso final” (CP 7.218). “La abducción es el proceso de formar una hipótesis explicativa. Es la única operación que introduce una nueva idea; porque la inducción no hace otra cosa que determinar un valor, y la deducción solamente desarrolla las consecuencias necesarias de una hipótesis” (CP 5.171). De este modo la abducción y la inducción son dos procesos bien diferenciados “La abducción busca una teoría. La inducción busca hechos. En la inducción el estudio de una hipótesis sugiere experimentos...” (CP 7.218).

El método con sus tres tipos de inferencias funciona del siguiente modo:

Habiendo sugerido la abducción una teoría, empleamos la deducción para deducir a partir de esa teoría ideal una gran variedad de consecuencias con el objeto de que si realizamos ciertos actos, nos encontraremos frente a ciertas experiencias. Cuando procedemos a realizar estos experimentos, y si las predicciones de la teoría son verificadas, tenemos confianza que los experimentos que aún faltan por realizar confirmarán la teoría (CP 8.209).

Este último paso del procedimiento corresponde a la inducción.

Ahora bien, gran parte de las discrepancias respecto de la abducción pueden resumirse en la pregunta ¿la abducción es la inferencia que genera o construye hipótesis o es más bien la inferencia

---

<sup>37</sup> Un ejemplo de la primera interpretación es (Rescher 1978); un ejemplo de la segunda es (Laudan 1974/1981).

que me permite elegir qué hipótesis puede ser considerada como tal a fin de someterla a verificación? Usando una terminología contemporánea, debida a Laudan, ¿la abducción es parte del contexto de descubrimiento o es parte del contexto de prosecución?<sup>38</sup>

Los filósofos de la ciencia, en general, han visto la abducción de Peirce como parte del contexto de prosecución y la han reducido a lo que se ha denominado *inferencia a la mejor explicación*<sup>39</sup>, el apartado 2 mostrará algunas caracterizaciones de la inferencia a la mejor explicación. La inteligencia artificial interesada en el descubrimiento científico o en el aprendizaje automatizado considera a la abducción de Peirce una interesante herramienta para construcción de heurísticas que permitan la generación de nuevo conocimiento. Aunque en general denominen a esto inducción, muchas veces utilizan el concepto de abducción para la selección de hipótesis<sup>40</sup>. Los diferentes modos en que ha sido tratada la abducción más allá de la obra de Peirce serán analizados más adelante.

---

<sup>38</sup> Cf. Laudan (1974/1981). Uso contexto de prosecución como traducción de "*context of pursuit*"; la expresión también ha sido traducida como contexto de evaluación.

<sup>39</sup> Hanson es un buen contraejemplo de esta generalización. Ha sostenido, en diferentes períodos, ambas ideas. En general puede decirse que el propio Hanson pasó de un proyecto de construcción de una lógica del descubrimiento, en la que la abducción juega un rol central, a una lógica de la prosecución. Los trabajos en los que puede encontrarse el primer proyecto pertenecen a 1958, los del segundo proyecto son posteriores a 1960.

<sup>40</sup> Existen numerosos trabajos en inteligencia artificial, especialmente dentro de lo que se conoce como *machine learning* sobre abducción, un buen compendio de esos trabajos, aunque ya algo desactualizado es (Josephson & Josephson 1994). También dentro de la inteligencia artificial, pero en la tradición más ligada a lógica e inferencias, pueden consultarse los trabajos de Atocha Aliseda, como por ejemplo (Aliseda 1997).

Sin embargo, es importante destacar que los estudiosos de la obra Peirciana han tomado alternativamente una y otra interpretación. Cualquiera de estas interpretaciones encuentra apoyo en los escritos de Peirce porque ambas ideas están asociadas a la abducción en la obra de este autor. Los textos que se citan a continuación son algunos buenos ejemplos de cada una de estas ideas.

Los siguientes textos son una selección de aquellos en los que Peirce caracteriza claramente a la abducción como *construcción*:

[La abducción] es el único tipo de argumento que introduce una nueva idea (CP 2.96).

...la abducción debe cubrir todas las operaciones a través de las cuales las teorías y concepciones son engendradas (CP 5.590)

En la abducción la consideración de los hechos sugiere la hipótesis. (CP 7.218)

...la abducción no es otra cosa que conjeturar. Tenemos la esperanza de que, aunque el número de explicaciones de nuestros hechos pueda ser estrictamente innumerable, aún así nuestra mente será capaz, en un número finito de conjeturas, conjeturar la única explicación verdadera de ellos. ... Animados por esta esperanza procedemos a la *construcción* de una hipótesis. (CP 7.219, las cursivas son mías).

Lo que llamo abducción... consiste en examinar una masa de hechos y permitir que esos hechos sugieran una hipótesis (CP 8.209)

Algunos ejemplos de textos en los que Peirce caracteriza a la abducción como *selección* de hipótesis pueden ser los siguientes:

La *retroducción* es la adopción provisional de una hipótesis... (CP 1.68)

La abducción es la operación de adoptar una hipótesis explicativa (CP 5.189)

La abducción incluye una preferencia por alguna hipótesis sobre otras que podrían explicar igualmente bien los hechos... (CP 6.525)

[Llamo abducción] al proceso de seleccionar una hipótesis para ser testeada (CP 7.245)

Es interesante destacar que pueden encontrarse en el mismo trabajo, o en trabajos correspondientes a la misma época, textos que caracterizan a la abducción como inferencia generadora y textos que la caracterizan como selección de hipótesis, tal como es el caso de algunos de los citados arriba. Esto constituye una sobrada prueba de que estas son dos facetas de la abducción, según nuestro autor, y no responden a dos formas diferentes de caracterizarlas según diferentes períodos de su pensamiento.

#### ***1.2. Las justificaciones de la abducción***

Ahora intentaré responder a dos preguntas que surgen de la caracterización anterior. La primera es ¿por qué Peirce consideró a la abducción una inferencia? Y la segunda es ¿qué tipo de justificación ofreció para la abducción?

Los textos citados anteriormente dejan claro que la abducción es una inferencia para Peirce. Sin embargo, que la abducción sea una inferencia significa para este autor que es un proceso bajo control consciente. Así la percepción no es para Peirce una inferencia, ya que no se encuentra bajo control consciente, ni puede ser sometida a crítica posterior. El hecho de que la abducción sea una inferencia la

ubica en el ámbito de la lógica. Sin embargo, lógica tiene en Peirce un sentido bastante amplio como lo pone de manifiesto la siguiente cita:

...los lógicos en general han estado siempre muy cerca de reconocer la tricotomía [de inferencias]. Sólo fracasaron porque tenían una concepción de inferencia tan estrecha y formalista (juicios formulados necesariamente a partir de sus premisas) que no reconocieron a la Hipótesis (o, como ahora la llamo, *retroducción*) como una *inferencia*... (CP 8.228 las cursivas son del autor).

De este modo, el pragmatismo definido por Peirce como la lógica de la abducción, es una lógica del descubrimiento.

Sin embargo, también afirmó que la abducción es una forma de *insight* por el que el nuevo conocimiento llega a nosotros como si se tratara de un flash<sup>41</sup>. Desde esta perspectiva la abducción queda, para Peirce, ligada al instinto. Esta relación hizo suponer a muchos que desde esta perspectiva la abducción queda afuera del ámbito de la racionalidad, o que desmorona la idea de una lógica del descubrimiento.

Una forma de entender esta relación entre instinto y abducción es tratando de clarificar el modo en que se justifica esta inferencia. A lo largo de la obra de Peirce encontramos diferentes tipos de justificaciones de la abducción. Encontramos justificaciones naturalistas (generalmente de corte darwiniano) como por ejemplo cuando sostiene que

es cierto que la única esperanza del razonamiento retroductivo de alcanzar la verdad es que puede haber una tendencia natural hacia el acuerdo entre las ideas que sugiere a la mente humana y aquellas que atañen a las leyes de la naturaleza (CP 1.81).

---

<sup>41</sup> Cf. CP 5.171ss; 6.476; 7.220.



Por otro lado encontramos justificaciones basadas en las virtudes explicativas de las ideas generadas por abducción como, por ejemplo, cuando afirma que “una conclusión retroductiva sólo está justificada por su *explicación* de los hechos observados” (CP 1.89 las cursivas son del autor). También es posible encontrar justificaciones psicológicas<sup>42</sup>. Sin embargo, no deben olvidarse las tesis básicas del programa metodológico de Peirce que expuse al comienzo de este trabajo: la verdadera justificación de la abducción se halla en el método como un todo.

Su única justificación [de la abducción] es que a partir de su sugerencia la deducción puede extraer una predicción que puede ser testeada por inducción, y que, si queremos aprender algo, o comprender un fenómeno, debe ser por abducción que lo lograremos (CP 5.171)

Las otras justificaciones expuestas aquí sólo intentan mostrar cómo es que la abducción produce ideas que luego pueden ser corroboradas por la experiencia. La descripción de la abducción como *insight*, o su vinculación con el instinto, son una descripción psicológica que no pone en tela de juicio la racionalidad de la misma.

Sin embargo, como sostiene el mismo Peirce, estas justificaciones dejan intacto el problema lógico de la abducción<sup>43</sup>. Después de una etapa en la que la forma lógica de la abducción era explicada mediante silogismos (Cf. CP 5.619-644), Peirce sostiene que la forma lógica de la abducción sería la siguiente:

El hecho sorprendente, C, es observado

Pero si A fuera verdadero, C sería algo natural

---

<sup>42</sup> Cf. CP 5.172.

<sup>43</sup> Cf. CP 5.172.

En consecuencia, existen razones para suponer que A es verdadero. (CP 5.189)

Esta forma de la inferencia abductiva aparece sólo en el texto citado, y en realidad produce más problemas de interpretación que aclaraciones. El texto pertenece a un trabajo en el que Peirce pretende esclarecer las relaciones entre percepciones y abducciones. Es en ese trabajo en el que defiende la tesis de que no hay una clara línea divisoria entre percepciones y abducciones.

Sin embargo, parece mucho más interesante para el proyecto de una lógica abductiva la siguiente línea de indagación. La abducción produce un tipo de conocimiento plausible que *debe* ser testeado. “La deducción prueba que algo *debe* ser; la inducción muestra que algo *es realmente* operativo; la abducción simplemente sugiere que algo *puede ser*” (CP 5.171 las cursivas son del autor). Sin embargo, aún no sabemos cómo se da el paso abductivo, ni siquiera la forma de la abducción antes mencionada lo muestra. Peirce sostiene que no hay reglas que *deban* seguirse, en el sentido de que no hay reglas generales independientes “del propósito de la hipótesis” (cf. CP 7.202). La validez de un argumento abductivo radica en su fuerza (sólo en la deducción no puede distinguirse validez de fuerza). La fuerza de un argumento abductivo radica en que logre su objetivo. El objetivo de una hipótesis es explicar los hechos. Pero para Peirce la fuerza explicativa no alcanza; debe además poder extraerse de la misma una predicción pasible de ser testeada. (Cf. CP 2.781 y 5.197). Esa última característica hace que la abducción sólo puede ser justificada en un ámbito de interrelaciones con la inducción y la

deducción, y está absolutamente en consonancia con su definición de la verdad a través de la máxima pragmática<sup>44</sup>.

Las buenas abducciones están guiadas, y especialmente en su sentido selectivo, por criterios de plausibilidad. Entre estos criterios se encuentra el poder explicativo (CP 5.146), la testabilidad (CP 2.786, 1.68), la economía (CP 7.200) y la simplicidad (CP 5.60).

Todas estas restricciones metodológicas plantean claramente que una lógica de la abducción es para Peirce algo diferente de lo que podríamos llamar una lógica de la deducción. En este sentido es que 'lógica' significa para Peirce algo diferente de lo que la tradición Frege-Russell ha entendido por lógica.

Peirce sólo desarrolló el sentido reconstruccionista de la lógica abductiva, es decir, su caracterización le permite determinar dónde hubo abducciones. Pero esta caracterización, a pesar de tener una justificación fuertemente metodológica, no desarrolla un sentido metodológico de la misma. Es decir, no se establecen los modos en los que se podrían realizar 'buenas abducciones'. Por esta razón se podría decir que seguir la línea de indagación que desarrolla las reglas de las 'buenas abducciones' según el contexto en se aplican, línea apenas sugerida por Peirce, estaría muy en consonancia con una lógica de la abducción en el sentido Peirciano.

Para sintetizar, he tratado de mostrar que la inferencia abductiva tiene en Peirce el doble carácter de inferencia generadora e inferencia que permite seleccionar el conocimiento para testar. En consecuencia, la reducción de la abducción a la inferencia a la mejor

---

<sup>44</sup> En general, los análisis de la abducción dentro de la obra de Peirce han olvidado la teoría pragmatista de la verdad en la que se encuentra enmarcada.

explicación abandona este doble carácter. Por otra parte, para Peirce la verdadera justificación de esta inferencia es su carácter metodológico global. Es decir, la inferencia abductiva se justifica en su interacción con la inducción y la deducción como método para alcanzar la verdad (no debe olvidarse que Peirce era un realista, además de un falibilista). Este tipo de justificación vuelve muy problemático el desarrollo de una lógica abductiva en un sentido que supere la reconstrucción. De este modo el carácter de lógica del descubrimiento en Peirce queda notablemente restringido, y los intentos de desarrollo de la misma abandonan algunos compromisos básicos.

## **2. La abducción y la inferencia a la mejor explicación**

El apartado anterior intentó mostrar que la abducción tenía un doble carácter en el pensamiento de Peirce, permitía generar y también permitía seleccionar. Pensar a la abducción como inferencia a la mejor explicación en general ha consistido, entre otras cosas, en la reducción de la abducción a su carácter seleccionador. A su vez la literatura sobre inferencia a la mejor explicación ha hecho que el tratamiento de la misma también tomara posición sobre un punto en el que Peirce pareció no tomar una posición clara: la abducción es una metodología o es una inferencia lógica<sup>45</sup>. La inferencia a la mejor explicación, a

---

<sup>45</sup> Los estudiosos de Peirce suelen sostener que su concepción de la abducción pasó de la abducción como inferencia a la abducción como metodología. Esta interpretación se apoya fundamentalmente en que en un primer momento hizo una caracterización de la abducción en términos silogísticos (CP 5.619-644) y luego pasó a una justificación más metodológica. Sin embargo, es posible ver que la ambigüedad estuvo presente hasta el final de su obra. Me aventuro a pensar que

pesar de su nombre, tuvo en los trabajos de la década del 60 un tinte más metodológico. En este caso era una regla metodológica que permitía, dada cierta evidencia, elegir entre explicaciones alternativas. Por ejemplo, Harman, quien introdujo la expresión ‘inferencia a la mejor explicación’, sostiene que:

Al realizar esta inferencia se infiere, a partir del hecho de que cierta hipótesis explicaría la evidencia, la verdad de esa hipótesis. En general, existirán diversas hipótesis que podrían explicar la evidencia, en consecuencia deberíamos ser capaces de rechazar todas las hipótesis alternativas antes de que tengamos garantías para realizar la inferencia. Así uno infiere, a partir de la premisa que una hipótesis dada proveería una “mejor” explicación para la evidencia que cualquier otra hipótesis, la conclusión que una hipótesis dada es verdadera.

Existe, de hecho un problema acerca de cómo uno juzga que una hipótesis es suficientemente mejor que otra hipótesis. Presumiblemente tal juicio estará basado en consideraciones tales como qué hipótesis es más simple, cuál es más plausible, cuál explica más, cuál es menos *ad hoc*, etc.. (Harman 1965: 89)

Aunque Harman utiliza la expresión ‘inferencia’, está pensando a la inferencia a la mejor explicación como una regla metodológica que permite la toma de decisiones frente a una evidencia dada.

En la misma línea, aunque con más sensibilidad por los aspectos generativos de la inferencia a la mejor explicación, se desarrollan los trabajos de Hanson. En todos estos casos se trata de evidencia empírica y la selección de una hipótesis explicativa de esos hechos.

---

en realidad no se trata exactamente de una ambigüedad sino de una concepción diferente de lo que es una inferencia.

Sin embargo, a partir del debate entre realistas y anti-realistas la inferencia a la mejor explicación pasó a recibir un análisis más centrado en la justificación de la inferencia. El nudo de esta discusión no es ni el concepto de evidencia, ni las dificultades que acarrea la relación explicativa, sino el concepto de verdad. Además, la discusión se centra especialmente en el tipo de garantías que una inferencia ampliativa como ésta podría tener en la selección de “hipótesis explicativas filosóficas”. Así, lo que se intenta resolver es si el realista científico puede apoyar su defensa en inferencias a la mejor explicación, o si la justificación de la verdad de la hipótesis realista es un caso de inferencia a la mejor explicación. Pero dado que la inferencia a la mejor explicación es una inferencia ampliativa que no puede ofrecer garantías, y que además la propia relación explicativa no constituye un valor epistémico en sentido estricto –es decir no garantiza la verdad de la hipótesis en cuestión-, el anti-realista sostiene que éste no es un buen camino para defender al realismo.<sup>46</sup>

#### ***2.1. La inferencia a la mejor explicación y la mirada del empirismo***

El problema del realismo científico ha tenido un desarrollo tal que escapa largamente al tema que me ocupa, a pesar de que algunas perspectivas sobre el tema han sido especialmente sensibles al rol de la experimentación como es el caso de Hacking (1983/1996) y su

---

<sup>46</sup> La literatura en torno a este tópico es muy grande y en buena medida ha girado en torno a los argumentos de van Fraassen contra la inferencia a la mejor explicación. Cf., por ejemplo, (van Fraassen 1989), (van Fraassen 1980/1996), (Day & Kincaid 1994), (Rappaport 1996), (Okasha 2000), (Lipton 1991; Lipton 1993), (Ladyman & Douven 1997), (Psillos 1996).

realismo de entidades y de Rom Harré (2003) y su argumentación a favor del realismo con base en la manipulación.

Sin embargo, en el contexto del debate realismo-anti-realismo, van Fraassen desarrolla sus argumentos más fuertes contra la inferencia a la mejor explicación. En lo que sigue presentaré el argumento principal de van Fraassen contra este esquema inferencial, e intentaré mostrar los supuestos empiristas desde los que se ataca a la misma.

En el apartado “Por qué no creo en la inferencia a la mejor explicación” del capítulo 6 de *Laws and Symmetry* (1989) van Fraassen sostiene que:

Hay muchas objeciones para hacer contra el esquema epistemológico de la inferencia a la mejor explicación. Una es que pretende ser algo distinto de lo que es. Otra es que está apoyada en malos argumentos. Una tercera es que entra en conflicto con otras formas de cambio de opinión que aceptamos como racionales. (van Fraassen 1989: 142)

La inferencia a la mejor explicación no es lo que pretende ser, según van Fraassen, si lo que se propone es garantizar nuevas creencias sobre la base de evidencia, evaluando cuán bien una hipótesis explica la evidencia. La razón es que “no puede hacer *esto* porque es una regla que selecciona entre las hipótesis históricamente dadas” (van Fraassen 1989: 142-143 énfasis del autor). Si se selecciona entre el conjunto de hipótesis históricamente dadas, entonces la selección puede elegir la mejor de un conjunto de hipótesis malas. Pero “creer es *por lo menos* considerar que es más probablemente verdadera que falsa” (van Fraassen 1989: 143 énfasis del autor).

Este es el corazón del argumento de van Fraassen. A partir de este argumento elabora una serie de réplicas a posibles contra-argumentos<sup>47</sup>. Sin embargo, el argumento de van Fraassen tiene una serie de supuestos que me gustaría explicitar, y sobre los que el propio van Fraassen no ofrece casi justificación.

1. La inferencia a la mejor explicación es una regla de inferencia dentro del contexto de justificación. No sólo porque es una regla que selecciona entre hipótesis dadas, sino porque se pide que la selección opere como una garantía de justificación para aquello que ha sido seleccionado. En el caso de autores como Harman, donde la inferencia a la mejor explicación era una regla metodológica que seleccionaba entre hipótesis alternativas, la misma no se encontraba nítidamente dentro del contexto de justificación. Si se me permite cierto anacronismo, en el caso Harman sería más apropiado pensar que se encontraba dentro del tercer contexto al que Laudan llamó contexto de prosecución [*pursuit*] (cf. (Laudan 1977)). Este contexto es justamente aquel donde se seleccionan las hipótesis que se evalúan como las más dignas de seguir investigando. En este sentido, tomando la división clásica de dos contextos, o una división tripartita como la de Laudan, van Fraassen analiza a la inferencia a la mejor explicación dentro del tradicional contexto de justificación. Este es el único contexto epistemológicamente relevante para el empirismo clásico, y parece que también para el contemporáneo.

2. Llamativamente van Fraassen está asociando creencia con verdad. Repito sus palabras, “creer [en una hipótesis] es *por lo menos*

---

<sup>47</sup> La mayor parte de las réplicas son analizadas por van Fraassen en un marco de inferencia bayesiana que a los efectos del tema central que me ocupa no aportan demasiado al argumento.



considerar que es más probablemente verdadera que falsa” (van Fraassen 1989: 143 énfasis del autor). Sin embargo, gran parte de la *Imagen Científica* es un gran argumento a favor de que la aceptación de una teoría no involucra más creencia que la adecuación empírica. Esto significa, para van Fraassen, que se acepta una teoría sin por ello tener algún tipo de compromiso con su verdad. No veo, entonces, por qué habría que pensar la inferencia a la mejor explicación asociando a explicación con verdad. El propio van Fraassen y su pragmática de la explicación mostraron a la explicación como una virtud pragmática entre otras, sin valor epistémico (Cf. (van Fraassen 1980/1996: cap. 5)).

3. La racionalidad a la que está apelando van Fraassen es una racionalidad todo o nada, a pesar de su voluntarismo. El que la inferencia a la mejor explicación entre en conflicto con otras reglas de cambio de opinión que consideramos racionales lleva, según este autor, a que sea imposible encontrar una justificación para la misma.

Creo que el hacer explícito el contexto en el que se plantea la oposición de van Fraassen a la inferencia a la mejor explicación ha hecho más clara mi observación de cómo en el paso de la abducción peirciana a la inferencia a la mejor explicación en la discusiones recientes se ha perdido buena parte del corazón de la primera. En el apartado siguiente intento rescatar algunas de las características de la abducción peirciana en tanto permiten dar cuenta de algunas prácticas cognitivas muy ligadas a la experimentación.

### 3. ¿Abducción o inferencia a la mejor explicación?

La discusión en torno a la inferencia a la mejor explicación, en casi cualquiera de sus variantes, poco ha dicho acerca del concepto de explicación que involucra. En general la discusión se ha centrado más en su justificación como patrón inferencial o metodológico. Sabemos que la explicación científica ha sido uno de esos problemas filosóficos muy escurridizos, al igual que el de la confirmación científica. No en vano Salmon escribió *Four Decades of Scientific Explanation* (1989).

Por otra parte, la abducción ha sido reflatada como inferencia generadora dentro del ámbito de las ciencias cognitivas, y especialmente en el ámbito de la inteligencia artificial. Esto se ha dado por una razón bastante clara: si se quiere dar cuenta del modo en que los humanos generan conocimiento, para lo cual necesitan formar conceptos, es necesario contar con algún mecanismo que dé cuenta de tal tarea. La abducción peirciana parece un buen candidato. A pesar de ello, la mayor parte de los trabajos de estas disciplinas comienzan aludiendo a Peirce como el predecesor obligado en la temática, pero luego el desarrollo de la investigación tiene escasa o ninguna relación con este autor. En estas disciplinas también se ha dado la distinción entre abducción como generadora y abducción como seleccionadora. (Cf. (Josephson & Josephson 1994), (Flach & Kakas 2000), (Wang 2000)). En el caso de las segundas, han usado un tipo de patrón inferencial similar al de la inferencia a la mejor explicación –que se basa fuertemente en la segunda versión de Peirce, que expusiera más arriba. En el caso de los trabajos sobre abducción como generación, los mismos se han dirigido fuertemente a la formación de conceptos.

La clásica distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, deja fuera del ámbito epistemológico al contexto de descubrimiento. Como consecuencia de ello también deja fuera de este contexto toda posibilidad de racionalidad en el mismo. Creo que hay suficiente evidencia histórica y cognitiva para sostener que la distinción en el sentido de Reichenbach (1938) ya no puede defenderse. Esto no significa en absoluto trasladar el ideal clásico de justificación al contexto de descubrimiento. La propia idea de justificación, en su sentido lógico, ha sido debilitada. No puede tampoco asociarse la idea de racionalidad a la idea de lógica. Así creo que la distinción no puede sostenerse sobre la base de diferencias en términos de racionalidad. Tampoco creo que la distinción entre ambos contextos sea una distinción temporal: primero se dan los procesos generativos y luego se dan los procesos de justificación. Si la distinción se realiza a los fines del análisis, y se mira con una óptica temporal, podrá observarse que todo el proceso cognitivo es una sucesión permanente de generación y justificación. Creo que los ejemplos que daré en el capítulo VI sobre diseño de nuevos experimentos a partir de resultados obtenidos en otros experimentos, o la generación de nuevos conceptos a partir de resultados experimentales, son buen ejemplo de cuán difícil sería pensar a los contextos en términos temporales.

En este sentido prefiero hablar de abducción y no de inferencia a la mejor explicación. La denominación de inferencia a la mejor explicación me parece que produce confusión, principalmente por dos razones. Por un lado, obliga a pensar en términos de explicación científica. Todas las citas de Peirce del primer apartado avalarían esta nomenclatura. Tanto en el caso de la selección como en el caso de la

generación o formación de hipótesis, Peirce parece guiado por la explicación como criterio. Sin embargo, creo que la explicación es un criterio entre otros, aún para Peirce. Van Fraassen tiene razón en que la capacidad explicativa no es un valor epistémico, en el sentido clásico de la palabra epistémico. Por otro lado, la expresión “inferencia a la mejor explicación” oscurece el sentido metodológico que he intentado mostrar.

Sin embargo, como quedó claro en el primer apartado, la propuesta de Peirce sólo ofrece un proyecto de lo que él llamó una lógica abductiva. En este sentido creo que la vía más prometedora para es la caracterización de la abducción en términos de reglas heurísticas. Algunos intérpretes de Peirce han sostenido esta interpretación para la propia obra de autor (cf. (Kapitan 2000)). Una buena parte de los trabajos en el ámbito de las ciencias cognitivas tratan a la abducción como una heurística más que permite la generación de nuevo conocimiento<sup>48</sup>. A la fecha la mayor parte de las aproximaciones dentro de las ciencias cognitivas, -tanto las versiones más ligadas a la lógica, como las de corte más psicológico- que intentan caracterizar a la formación de conceptos apelan a la abducción a la que implementan en sistemas heurísticos.

---

<sup>48</sup> Para una caracterización de la evolución histórica del concepto de heurística en el ámbito de la inteligencia artificial clásica cf. (Velasco, Ahumada & García 2000).

## IV. La confirmación *bootstrap* de Glymour

El rol más importante para la experimentación, según la filosofía de la ciencia clásica, es el de testear teoría. Los informes de resultados experimentales son una de las fuentes más importantes para establecer las relaciones de confirmación. Luego de las críticas que recibieron las teorías clásicas de la confirmación científica, Clark Glymour desarrolla en 1980 la que denominó teoría *bootstrap* de la confirmación científica. La teoría *bootstrap* intenta superar las críticas a la versión clásica; especialmente en lo que se refiere a las relaciones de relevancia entre teoría y evidencia, puesto que este fue el ángulo más débil de la teoría hempeliana. A su vez, el *bootstrap* se presenta como una alternativa al holismo, en lo que al testeo empírico se refiere.

Estas características, y algunas que señalaré más adelante, hacen a esta teoría particularmente interesante como marco de referencia para elaborar primer esbozo de concepto de evidencia que irá recibiendo diversos aportes en los próximos capítulos.

## 1. La versión de 1980

Frente a las críticas que recibieran las teorías clásicas de la confirmación científica y cierta influencia que tuviera el holismo en filosofía de la ciencia a través de la tesis Quine-Duhem, Clark Glymour desarrolla su teoría de la confirmación *bootstrap*. La misma se encuentra expuesta principalmente en su libro *Theory and Evidence* (1980).

La versión de la teoría de confirmación desarrollada por Glymour tiene varios puntos en común con la de Reichenbach y Carnap. Al igual que ellos, Glymour cree que la confirmación se da por instancias de las hipótesis que se deducen a partir de la evidencia utilizando otras hipótesis. Pero a diferencia de Carnap y Reichenbach, las hipótesis utilizadas para obtener las instancias de la hipótesis a testear no constituyen una clase especial de enunciados, por ejemplo no son analíticos. Cualquier hipótesis de una teoría o cualquier consecuencia de una teoría puede ser usada para derivar instancias de una hipótesis a partir de la evidencia. Esto convierte a la confirmación en una relación entre la hipótesis a confirmar, la evidencia y la teoría. Toda confirmación es, entonces, confirmación con respecto a una teoría.

Para Glymour una teoría satisfactoria de la confirmación debe poder dar cuenta de la relevancia de la evidencia, esto es, debe poder establecer relaciones entre una parte de la teoría y un fragmento de evidencia; además debe explicar cómo es posible que algo que está en un lenguaje más restringido, el de la evidencia, pueda confirmar algo que está en un lenguaje más amplio, el de la teoría. Todos estos requisitos son las virtudes proclamadas para la teoría *bootstrap* de la

confirmación que ahora voy a desarrollar. Sin embargo, el mismo Glymour deberá introducir algunas modificaciones a su versión de 1980 ante casos que deberían ser considerados confirmados por el criterio *bootstrap*, a pesar de no cumplir con el criterio de la relevancia de la evidencia<sup>49</sup>.

Un concepto importante para comprender la teoría del *bootstrap* es la noción de cómputo que usa Glymour. Primero la desarrolla para ecuaciones, y luego la generaliza para enunciados. Me ocuparé de la segunda versión ya que no sólo puede ser utilizada para ecuaciones, sino que tiene mayor alcance en cuanto al tipo de teorías para las cuales puede ser aplicada.

El primer supuesto de la noción de cómputo es que nuestras teorías esta formalizadas en un lenguaje de primer orden estándar con identidad y un operador de descripción definida. La noción de cantidad corresponde a las fórmulas atómicas abiertas, tales como  $P(x)$ ,  $B(x)$ . Un valor para una cantidad es un enunciado atómico, o su negación, o un enunciado lógicamente equivalente a un enunciado atómico, que resulta de reemplazar uno o más operadores de descripción definida por constantes individuales, por ejemplo,  $P(a)$ ,  $\neg P(b)$ ,  $P(\text{ix}G(x))$  son valores para la cantidad  $P(x)$ , donde  $a$  y  $b$  son constantes individuales. En su enunciación formal un cómputo es un grafo finito gradado cuyos nodos son fórmulas abiertas y para cada nodo  $K$  de nivel  $n$ ,  $n > 0$ , hay una fórmula  $A_k$  y:

---

<sup>49</sup> Cf. para las críticas que considero más importantes (Christensen 1990), (Christensen 1983), (Zytkow 1986), (van Fraassen 1983) y para las reformulaciones del *bootstrap* luego de estas críticas (Glymour 1983a), (Earman & Glymour 1988).

1. Hay un nodo maximal que es una cantidad y todos los nodos de nivel cero son cantidades.

2. Hay instancias o negaciones de instancias de los nodos de nivel  $(n - 1)$  conectados con cualquier nodo  $K$  de nivel  $n$ ,  $n > 0$ , tal que estas instancias, en conjunción con  $A_k$ , impliquen lógicamente una instancia de  $K$  o un instancia de  $\neg K$ , y tal que ningún subconjunto propio de estas instancias de los nodos de nivel  $n$  conectados con  $K$  en conjunción con  $A_k$  implique lógicamente una instancia de  $K$  o de la negación de  $K$ .

3. Existe un conjunto de valores para los nodos de nivel cero que determinan una instancia, o la negación de una instancia, para cada nodo del grafo.

Las cantidades que corresponden a los nodos de nivel cero son, intuitivamente, los datos iniciales. El nodo maximal es también una cantidad, ya que corresponde al valor que es computado a partir de los valores de los nodos iniciales. Las fórmulas  $A$  corresponden a las hipótesis que son usadas para realizar el cómputo y pertenecen a la teoría con respecto a la cual se realiza el cómputo.

La idea central del *bootstrap* es que confirmamos hipótesis con respecto a una teoría mediante una evidencia dada si, usando la teoría podemos deducir a partir de la evidencia instancias de la hipótesis, pero esta deducción debe ser hecha de modo tal que no sea posible deducir instancias de la hipótesis con independencia de lo que sea la evidencia. Glymour acepta que esta idea puede ser desarrollada o combinada con la teoría de la probabilidad por ejemplo, sin embargo la idea es desarrollada en combinación con la versión Hempeliana de la confirmación.



La principal condición de confirmación de Hempel es equivalente a lo que sigue (suponiendo que  $E$  es un enunciado consistente, libre de cuantificadores).

Condición de Satisfacción:  $E$  confirma  $H$  si  $H$  es satisfecha en toda estructura  $\langle D, f \rangle$  en la cual  $E$  es satisfecha y en la cual para todo  $d \in D$  hay una constante individual  $a$ , que ocurre no vacuamente en  $E$ , tal que  $f(a)=d$  (Glymour 1980: 128).

Una estructura para un lenguaje es un par que consiste de un conjunto,  $D$ , el dominio y una función  $f$ .

Glymour modifica esta condición hempeliana porque está formulada sólo para un lenguaje de primer orden sin identidad, y porque la condición no permite la confirmación de hipótesis que vayan más allá del lenguaje de la evidencia.

Al haber establecido el lenguaje de la teoría como un lenguaje de primer orden con identidad más un operador de descripción definida, la condición de satisfacción debe ser modificada. En la versión modificada de la condición de satisfacción para cualquier enunciado consistente  $E$ , lógicamente equivalente a un enunciado que sería singular si todo operador de descripción definida que ocurre en él, fuera reemplazado por una constante individual:

Condición de Satisfacción\*:  $E$  confirma  $H$  si  $H$  es satisfecha en toda estructura  $\langle D, f \rangle$  en la cual  $E$  es satisfecha y en la cual para todo  $d \in D$  hay un término  $t$ , presente en  $E$ , tal que  $f(t)=d$  (Glymour 1980: 130).

El concepto de cómputo y la condición de satisfacción\* nos permiten ya expresar la Condición *Bootstrap*.

Condición *bootstrap*: Sean  $E$  y  $H$  enunciados,  $T$  una colección de enunciados deductivamente cerrada y consistente,  $E$  confirma  $H$  con respecto a  $T$  si

i.  $T$  es consistente con  $H \& E$ .

ii. Hay una colección de cantidades  $[P_i]$  y un conjunto  $C$  de cálculos, a partir de  $E$ , de valores para aquellas cantidades, tal que todo predicado que ocurre no vacuamente en  $H$  ocurre entre los  $[P_i]$ , y todas las hipótesis usadas en los cálculos en  $C$  están en  $T$ , y  $[P_i]$  no está incluido en cualquier conjunto mayor de cantidades que pueda ser computado a partir de  $E$  usando  $T$ .

iii.  $E$ , junto con los valores de  $[P_i]$  computados a partir de  $E$ , confirman  $H$  de acuerdo con la condición de satisfacción\*.

iv. Hay un enunciado  $E'$  que sólo contiene vocabulario ocurre en  $E$ , y un conjunto de cantidades  $[S_i] \subseteq [P_i]$ , que incluye todas las cantidades que ocurren no vacuamente en  $H$ , tal que los cálculos de  $C$  incluyen cálculos de todas las cantidades de  $[S_i]$  a partir de  $E'$ . Ningún conjunto de cantidades que incluya propiamente a  $[S_i]$  puede ser computado a partir de  $E'$  usando cálculos de  $C$ , y  $E'$  es consistente con la conjunción de todas las hipótesis (salvo posiblemente  $H$ ) usadas en el cálculo de las cantidades de  $[S_i]$ ; y  $E'$  y los valores de las cantidades de  $[S_i]$  así computadas confirman  $\neg H$  de acuerdo a la condición de satisfacción\*.

v. Para dos enunciados cualesquiera  $H'$  y  $H^*$  cuyo vocabulario no lógico está incluido en el de  $H$  y tal que  $\vdash H \equiv H^* \& H'$  pero no  $\vdash H \equiv H'$  y no  $\vdash H \equiv H^*$ , las condiciones i-iv son satisfechas si  $H$  es reemplazada en ellas por  $H'$  o por  $H^*$ .

La primera condición evita que dos hipótesis inconsistentes sean confirmadas por la misma evidencia con respecto a la misma teoría. La segunda condición dice que toda cantidad que ocurre en la hipótesis puede ser computada a partir de la evidencia usando la

teoría; el requisito adicional de la segunda condición es necesario para reducir los casos de confirmación de hipótesis inconsistentes. La condición iii reproduce la condición de satisfacción de Hempel. La condición iv asegura que la hipótesis no sea confirmada independientemente de lo que la evidencia pueda ser. Es decir, que no sea confirmada por toda evidencia. La condición v evita los casos de confirmación de una conjunción de hipótesis en la que algunas de ellas son irrelevantes respecto a la evidencia considerada. La condición *bootstrap* cumple con la condición de equivalencia y la condición de consistencia de Hempel; pero no cumple con la condición de consecuencia.

Todo testeo *bootstrap* puede ser transformado en un testeo hipotético-deductivo, pero no todo testeo hipotético-deductivo puede ser transformado en un testeo *bootstrap*. Por ejemplo, pueden ser tomados los casos de conjunciones irrelevantes que son casos de confirmación hipotético-deductiva y no son casos de confirmación *bootstrap*.

## **2. Críticas a la teoría del *bootstrap*.**

Luego de la publicación de *Theory and Evidence* aparecieron un conjunto de críticas a diferentes aspectos de la teoría del *bootstrap*. En lo que sigue analizaré especialmente una de ellas. Pondré especial atención en las críticas de Christensen (1983) ya que atacan internamente a la versión del *bootstrap* y generaron una modificación, que a mi modo de ver, es bastante profunda en la formulación del *bootstrap*.

El rasgo común de las críticas, en general, es poner de manifiesto la imposibilidad de establecer con esas condiciones las relaciones de relevancia evidencial, y algunas afirman directamente la imposibilidad de establecer esta relación con cualquier clase de condiciones.

Christensen en el artículo antes mencionado desarrolla una serie de contraejemplos para la teoría de la confirmación de Glymour<sup>50</sup>. Estos contraejemplos tienen la característica común de ser casos que la teoría del *bootstrap* consideraría como casos de confirmación positiva y, sin embargo, parecería contraintuitivo establecer relaciones de relevancia entre la evidencia y la hipótesis a confirmar.

Ante tales contraejemplos Glymour establece una restricción a la condición *bootstrap* que llama restricción *R* (Glymour 1983a). Esta dice: “para todo  $i$ ,  $H$  no debe implicar que las hipótesis  $T_i$  usadas en el cómputo de una cantidad  $Q_i$ , que ocurre esencialmente en  $H$ , sea equivalente a una hipótesis  $R_i$  cuyo vocabulario esencial sean un subconjunto propio del vocabulario esencial de  $T_i$ ” (Glymour 1983a:

---

<sup>50</sup> El primero de los contraejemplos es:

Sea  $E$  la evidencia y  $H_1$  y  $H_2$  las hipótesis

$E: R(a) \ \& \ B(a)$

$H_1: \forall x [R(x) \supset B(x)]$

$H_2: \forall x G(x)$

E *bootstrap* confirma  $H_2$  con respecto a  $T$  ( $H_1 \ \& \ H_2$ ) por medio de la hipótesis  $\forall x [(R(x) \supset B(x)) \equiv G(x)]$ , que es una consecuencia lógica de  $T$ , a pesar de que  $E$  no parece relevante para  $H_2$ .

627)<sup>51</sup>. La condición R restringe el modo en que se computan los valores para las cantidades de la hipótesis a testear de modo tal que los valores que se obtengan sean independientes de las restricciones que la hipótesis misma fija para sus cantidades.

Sin embargo, a pesar de que los contraejemplos de Christensen pueden ser rechazados si se acepta la restricción R a la condición *bootstrap*, la pregunta que subsiste es si realmente se ha solucionado o puede solucionarse el problema de la confirmación irrelevante con un enfoque como el de Glymour. La pregunta subsiste porque la restricción está dirigida directamente a rechazar los contraejemplos de Christensen. En realidad, la restricción podría verse como un mero agregado de una nueva condición *ad hoc* a la condición *bootstrap*. Las respuestas a la pregunta anterior podrían dividirse, en una primera aproximación, en dos grandes grupos. Al primero pertenecerían aquellos que son optimistas con respecto a la posibilidad de solucionar el problema de la relevancia con un esquema puramente sintáctico; en el segundo grupo estarían aquellos que son pesimistas respecto a este tipo de enfoque.

Entre los primeros se encuentra el programa de Glymour, pero también podrían contarse entre ellos algunos intentos de reconstrucción del hipotético-deductivismo que sostienen que las dificultades del mismo se deben a la permisividad de la lógica clásica y no a una dificultad intrínseca al hipotético-deductivismo. En consecuencia, sostienen que la lógica subyacente al discurso científico podría ser expresada mejor por una lógica de la relevancia que por la

---

<sup>51</sup> Las cantidades  $Q_i$  corresponden a las  $P_i$  de la formulación anterior del *bootstrap*, y las  $T_i$  son las  $A_k$  de la definición de cómputo o las hipótesis que pertenecen al conjunto C de la condición *bootstrap*.

lógica clásica (Cf. (Waters 1987)). Sin embargo, los desarrollos de la lógica de la relevancia no permiten todavía ver a esta alternativa como una alternativa real. Otros sostienen que con enfoques bayesianos, que algunos ven perfectamente compatibles con el *bootstrap*, estos problemas dejan de existir (Cf. (Rynasiewicz 1983), (Jeffrey 1983)).

Entre los segundos estarían aquellas posturas que sostienen ciertas formas de convencionalismo respecto a la justificación de los juicios de relevancia. En particular, aquellas que explican estos juicios fundamentalmente en relación con aspectos sociológicos. Pero también podrían incluirse algunos intentos de reconstrucción del hipotético-deductivismo apelando a nociones como la de 'axiomatización natural' (Cf (Christensen 1983), (Christensen 1990)).

Algunos críticos han sugerido que el problema de la estrategia *bootstrap* está en la noción de cómputo utilizada para su definición. Por esta razón Zytchow (1986) plantea la posibilidad de desarrollar el *bootstrap* apoyado en la noción de inferencia lógica en lugar de la noción de cómputo. Van Fraassen (1983) critica también la noción de cómputo y propone la reformulación de la estrategia *bootstrap* apoyándose en las nociones de ecuaciones e inecuaciones. Glymour (1983b) hace un desarrollo de esta idea, pero las modificaciones introducidas no producen cambios sustanciales en la idea central de la estrategia.

### 3. Una evaluación más allá del formalismo

Quisiera destacar dos aspectos de la confirmación *bootstrap* relevantes para el tema que me ocupa. Primero que la estrategia

*bootstrap* permite testear una hipótesis utilizando para ello un *background* teórico. Pero ese *background*, la teoría con la cual se testea, tiene un rol activo en el cómputo o deducción de las instancias de la hipótesis que se quiere testear. Segundo, y derivado del anterior, que aquellas hipótesis que sirven de apoyo para el testeo de una hipótesis, en otra oportunidad pueden ser las hipótesis a testear. Esta idea de marco de referencia dinámico y el apoyo mutuo de las hipótesis frente al que se realiza el testeo mediante el cómputo, es la idea más interesante y que ha recibido menos tratamiento en la literatura sobre el *bootstrap*.

Sin embargo, conviene destacar que Glymour, en *Theory and Evidence*, no se ocupa ni del concepto de teoría, ni del concepto de evidencia, sino más bien de la relación de confirmación entre teoría y evidencia en el testeo. Tampoco le preocupa cómo ha sido generada, ni siquiera de qué tipo de evidencia se trata. Aunque tampoco se ocupa del testeo, como proceso, si no más bien, de cómo *dada* una evidencia esta es evidencia o contraevidencia para una hipótesis con relación a una teoría.

En la teoría *bootstrap*, al someterse a confirmación una hipótesis en relación con la evidencia disponible, y no una hipótesis aislada o un cuerpo teórico en su conjunto, y en virtud de las relaciones de relevancia antes mencionadas, la relación de confirmación no es ya una dicotomía absoluta -confirmado-disconfirmado-, sino que es una relación en la que pueden establecerse grados. Esta característica ha acercado, para muchos críticos, el *bootstrap* a las aproximaciones bayesianas de la confirmación.

Si el *bootstrap* permite establecer las relaciones de relevancia antes mencionadas, entonces la estrategia puede funcionar como una

metodología. Una ‘metodología de selección’ que permite, por un lado separar aquellas hipótesis que, a la luz de un marco teórico y de la evidencia disponible, consideramos como falsas, y por otro lado, permite establecer grados de confirmación dentro de un cuerpo teórico.

Desde esta perspectiva es posible dar una versión de la confirmación más dinámica que en las teorías clásicas. En primer lugar, si las relaciones de confirmación se establecen entre parte de una teoría y parte de la evidencia, ante casos de disconfirmación es posible realizar ajustes en la teoría, pues puede establecerse por esta vía qué parte de una hipótesis compleja o qué hipótesis de un cuerpo teórico fue disconfirmada. Estos ajustes son a su vez nuevamente sometidos a confirmación. Por otra parte, la estrategia permite la reconstrucción de los razonamientos que generaron teorías científicas. Más exactamente, quizás no sea posible reconstruir desde esta perspectiva el modo en que fueron generadas nuevas teorías, sino que puede verse más bien el modo en que una teoría fue modificándose a partir de su confrontación con la evidencia y otras teorías científicas. Estas reconstrucciones arrojan cierta luz de racionalidad en el proceso de descubrimiento, pues ya no es el ‘ensayo y error’ o la ‘intuición creadora’ la única explicación para la modificación de una teoría científica.

Según la caracterización anterior, la confirmación no es entonces sólo una manera de dar mayor credibilidad a una teoría ‘acabada’, sino que es un proceso en el que las hipótesis se someten al juicio de la evidencia, y a partir de este proceso se pueden modificar estas hipótesis que a su vez se confrontan nuevamente con la evidencia. Así, puede afirmarse en consecuencia, que gran parte del



proceso de verificación tiene lugar durante el proceso de descubrimiento. Con una perspectiva similar Simon incorporó al *bootstrap* dentro de las heurísticas de su programa de simulación computacional BACON3<sup>52</sup> (Langley, Simon & Bradshaw 1987).

Sin embargo, una versión del testeo empírico, como la estrategia *bootstrap* de confirmación resulta claramente insuficiente al no tener en cuenta el proceso por el cual la evidencia experimental ha sido generada. No es el mismo tipo de evidencia (el *bootstrap* no puede discriminar) la de la detección indirecta de una partícula cuya vida es una fracción de segundo, que la evidencia que se posee del electrón, mediante el cual podemos manipular la naturaleza para detectar otras partículas. Lo único que privilegia el *bootstrap*, especialmente las versiones posteriores a 1980, es la variedad de la evidencia. En términos *bootstrap*, es deseable que diversos cómputos *bootstrap*-confirmen una hipótesis. En este sentido el *bootstrap*, y particularmente el proyecto TETRAD<sup>53</sup>, recibieron críticas porque la noción de confiabilidad, que parece central en la práctica científica, y particularmente en la experimental, no tenía ningún rol en la confirmación *bootstrap* (Cf (Cartwright 1989).). Glymour en los últimos años abandonó la idea del *bootstrap*, centrándose en la idea de confiabilidad, aunque no el tipo de confiabilidad que desarrollan Cartwright o Mayo, ya que se trata de un tipo de confiabilidad que

---

<sup>52</sup> La serie de programas BACON intentan simular computacionalmente descubrimientos científicos mediante el uso de heurísticas generales sin conocimiento del dominio.

<sup>53</sup> El TETRAD es un programa computacional que descubre estructuras causales, es considerado por sus autores como una instanciación del *bootstrap*. Cf. (Glymour, et al. 1987).

podría denominarse *a priori*, aunque Glymour gusta llamarla metodológica.

Sin embargo, hay un aspecto interesante en la estrategia *bootstrap* como herramienta para analizar el modo en que se realizan algunas inferencias experimentales para separar señal de ruido y controlar condiciones experimentales. Es decir, muchos de estos procedimientos se realizan mediante la estrategia de apoyo mutuo, que considero el corazón del *bootstrap*.

A pesar de ello, creo que las limitaciones más serias del *bootstrap* se deben principalmente a su inserción dentro de la tradición formalista y deductivista. Limitaciones que se vuelven más patentes si se toma la perspectiva de la praxis, y en particular la una praxis que se resiste a ser reducida a patrones deductivos.

## **V. La epistemología de la experimentación: una evaluación histórica**

Hacia la década de 1980 confluyeron varios estudios provenientes desde distintos ámbitos disciplinares que, al intentar caracterizar a la ciencia o la generación de conocimiento científico, pusieron especial atención en la experimentación. Entre ellos pueden contarse los desarrollos provenientes de la sociología de la ciencia, las aplicaciones del programa sociológico a casos históricos, los desarrollos al interior de la filosofía de la ciencia y, algo más tardíamente, los aportes de las ciencias cognitivas.

Lo que hoy podría llamarse epistemología de la experimentación es deudor de los desarrollos en estos diversos ámbitos. Si bien puede reservarse el nombre para el programa filosófico, en la actualidad resulta sumamente difícil distinguir nítidamente estos ámbitos. La filosofía de la ciencia, y en particular de la epistemología de la experimentación, se ha visto nutrida por los desarrollos de las ciencias cognitivas, de la historia de la ciencia, de la sociología de la ciencia.

Es notable el hecho de que estas investigaciones, que focalizaron su atención en las prácticas experimentales, tuvieron un origen independiente. Sin embargo, podría sostenerse que tal independencia es sólo relativa pues cada uno de estos estudios, a pesar de las profundas diferencias que los separan, articulan un conjunto de ideas, estrategias y perspectivas que estaban presentes en la época. En particular, el concepto clave que está detrás de estos diversos enfoques es el de *práctica científica*. Desde esta perspectiva, la epistemología de la experimentación aparece como una instanciación de un cambio profundo dentro del objeto de análisis de la filosofía de ciencia, cambio que también se dio en el interior de otras disciplinas: de la ciencia como producto a la ciencia como proceso.

Este cambio en la unidad de análisis, de la estructura de las teorías, a la dinámica de las teorías y de allí a las prácticas científicas, puede rastrearse en la historia de la filosofía de la ciencia del siglo XX. A pesar de ello, caracterizar explícitamente el concepto de *práctica científica* muestra las profundas diferencias entre las diversas aproximaciones.

Los siguientes apartados intentan mostrar algunas de las características sobresalientes de cada una de estas aproximaciones, siendo el enfoque adoptado especialmente sensible a las diferencias. A partir del próximo capítulo estas diferencias dejarán de ser tan nítidas, especialmente porque cada uno de estos enfoques ha nutrido lo que hoy llamamos epistemología de la experimentación, y seguramente lo seguirá haciendo.

## 1. El programa filosófico

En 1983 Hacking publica *Representar e intervenir*. La primera parte del libro está dedicada a la representación científica, es decir a lo que habitualmente había preocupado los filósofos de la ciencia. En la segunda parte de su libro, 'intervenir', analiza diferentes tópicos filosóficos desde la perspectiva las prácticas experimentales, tal como las llamaríamos hoy: experimentos cruciales, observaciones, creación de fenómenos, los modelos, el realismo.

La idea base de esta polaridad es bastante antigua, y una versión similar a la que expondremos aquí puede encontrarse en los primeros pragmatistas norteamericanos<sup>54</sup>. Pero con la publicación de *Representar e Intervenir*, la polaridad se convierte en la base de un programa de investigación en filosofía de la ciencia. No me estoy refiriendo a lo que parece ser el argumento central de este libro, esto es sostener un realismo de cierto tipo de objetos sobre la base de su manipulación, sino al conjunto de supuestos filosóficos desde los cuales este realismo aparece como una consecuencia. Este programa supone un replanteo respecto de la filosofía de la ciencia clásica: el objetivo de la ciencia no puede reducirse a brindar teorías adecuadas, verdaderas -o el adjetivo que se considere más apropiado-, y en consecuencia su historia no puede tampoco reducirse a una sucesión y sustitución de diferentes teorías. Puesta en estos términos, la polaridad representación – intervención, parece tener fundamentalmente un objetivo filosófico. Los filósofos de la ciencia, para Hacking, no habían tomado en serio el costado experimental de la ciencia,

---

<sup>54</sup> La semiótica de Peirce asociada a la máxima pragmática, como la clasificación y la explicación de 'las ideas' de James, supone de diferentes formas esta polaridad.

pensando que la misma es fundamentalmente una actividad cuya finalidad es la construcción y validación de representaciones. Pero la polaridad intentaba mostrarse también de una manera más profunda dentro de las prácticas científicas; uno de los eslóganes más repetidos de esta obra fue “la experimentación tiene vida propia”. ¿Qué brindaba según Hacking la polaridad antes mencionada? Pensar la ciencia atendiendo al rol que tienen las prácticas interventivas llevaba a un replanteo de problemas clásicos: la carga teórica, la distinción teoría observación, el problema del holismo, la construcción de la evidencia, y la lista podría continuar. Pero también mostraba problemas que vistos desde la perspectiva de las representaciones no emergían como genuinos tópicos filosóficos, por ejemplo, la creación y estabilización de fenómenos. Así la polaridad constituye un programa de investigación en filosofía de la ciencia apoyado en lo que podríamos llamar la doble naturaleza de la actividad científica.

Los presupuestos básicos de este programa son los siguientes:

a) La ciencia es más que una sucesión de teorías, o representaciones. Tener una imagen apropiada de la ciencia implica atender al costado experimental de las mismas.

b) Gran parte de los tópicos clásicos que han preocupado a los filósofos de la ciencia sólo pueden entenderse desde la perspectiva de la experimentación.

c) El rol de la experimentación en la actividad científica es más complejo que el mero testeo de teorías. Literalmente no deberíamos hablar de experimentación, sino de experimentos. Existen experimentos exploratorios, experimentos que ‘crean fenómenos’, experimentos que sirven para ajustar modelos, etc.

d) “La experimentación tiene vida propia”, significa fundamentalmente que los experimentos tienen una relativa autonomía respecto de las teorías.

e) La actividad de diseñar, y sobre todo la de ejecutar experimentos, involucra un tipo de conocimiento no reducible a conocimiento teórico; es el conocimiento del saber hacer.

f) Por todo lo dicho, el aspecto interventivo de la ciencia no puede reducirse a problemas de lenguaje, ni es el lenguaje una buena perspectiva para analizarlo. Rescribiendo el título de un viejo libro de Hacking podríamos decir ‘por qué el lenguaje dejó de importarle a la filosofía’.

A *Representar e Intervenir* le siguió una serie de artículos sobre esta temática durante la década de 1980 y principios de la siguiente (Hacking 1988a; Hacking 1988b; Hacking 1988c; Hacking 1992; Hacking 1992/1999).

Los artículos señalados toman a la experimentación o a las prácticas de laboratorio desde diversas perspectivas, o poniendo énfasis en diferentes aspectos. Sin embargo, ya desde *Representar e Intervenir* Hacking muestra lo interesante que le resulta la categoría de análisis de Crombie de “Estilos de razonamiento”. En 1983 Crombie había publicado algunos artículos donde presentaba la idea de “estilos”. La gran obra de Crombie recién se publica en 1995, *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The History of Argument and Explanation Especially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*. Hacking pasa de la idea de “estilo de pensamiento” de Crombie a su idea “estilo de razonamiento”

(Hacking 1992). Cada estilo de razonamiento introduce nuevos objetos, evidencia, enunciados, nuevas formas de verdad y falsedad, leyes y posibilidades. Es en esta dirección, la de los estilos de razonamientos, vistos desde la filosofía de la ciencia (y no tanto desde la historia como lo hace Crombie) que Hacking continúa analizando las prácticas experimentales. Su foco de atención es entonces el “estilo experimental” o algo un tanto más complejo que él desarrolla para las ciencias de laboratorio. Así su preocupación es cómo nacen y cómo se independizan de su origen los estilos. Los estilos generan las condiciones de verdad para la aplicación de estos estilos. De allí la idea de la autoautenticación del estilo de las ciencias de laboratorio. Lo que se autoautentifica es el estilo de las ciencias de laboratorio, y con ello se justifican los objetos, leyes, enunciados, evidencia. Pero además, las ciencias de laboratorio se autojustifican a través de la relación de mutuo apoyo que presentan sus elementos<sup>55</sup>. El desarrollo de Hacking se acerca peligrosamente a una versión constructivista de la ciencia (estoy usando la palabra constructivista en la tradición de Pickering o Latour, tal como se presenta en el próximo apartado). A pesar de que se encarga una y otra vez de mostrar las diferencias con estos pensadores, son más las cosas que parece compartir que las que lo diferencian. En este contexto se hace casi necesaria la publicación de *The Social Constuction of What?*. Esta obra, a pesar del título y de varias ironías que contiene en su interior, muestra un respeto notable por las tradiciones constructivistas, aunque también una amplia variedad de críticas que hacen más clara su idea de autojustificación.

---

<sup>55</sup> En el próximo capítulo se desarrollan los elementos que entran en juego en un experimento según Hacking.



Pero volvamos al tema de los estilos. Aunque la idea de estilo de Hacking es deudora, como ya señalé, de la idea de estilo de Crombie, también constituye un desarrollo personal y bastante más filosófico que la idea de Crombie. Más aún, sin la categorización y la elaboración que Hacking hace de esta idea a fines de los 80 es posible rastrear categorías de análisis que se asemejan mucho a la “estilo de razonamiento” en obras más tempranas e históricas como *La emergencia de la probabilidad* (1975). En esta obra ya se nota la importancia que Hacking asigna a las manipulaciones en la construcción de representaciones. En particular, su historia de la emergencia de la probabilidad comienza destacando la importancia de las llamadas ciencias bajas para la construcción de un concepto de evidencia que haga posible un concepto dual como el de probabilidad. Las ciencias bajas se caracterizan justamente por estar más cerca de las manipulaciones que de las representaciones.

## **2. El programa histórico-sociológico**

Luego del conocido desarrollo que tuviera el programa fuerte en sociología de la ciencia, varios continuadores de sus ideas centrales, aunque no siempre siguiendo sus principios fundamentales al pie de la letra, desarrollaron diversas investigaciones que focalizaron su atención en los laboratorios experimentales. Estas investigaciones estuvieron tanto dirigidas a laboratorios contemporáneos de investigación científica, como al análisis de casos históricos.

En 1975 Bruno Latour inicia una investigación en *Jonas Salk Institute for Biological Studies* por un período de dos años. Durante ese período Latour decide “volverse parte de un laboratorio, seguir muy de cerca el proceso del trabajo científico, mientras al mismo ser en el ‘interior’ un observador externo, un tipo de investigador antropológico para estudiar una ‘cultura’ científica –para seguir en cada detalle lo que hace y lo que piensa un científico” (Latour & Woolgar 1979/1986: 12). En 1979 publica, junto a Woolgar, *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts* como resultado de esa investigación.

Es en este marco en el que nace lo que hoy se conoce como ‘constructivismo social’.

En un estilo bastante emparentado con el de *Laboratory Life* se desarrollaron estudios de casos históricos donde la actividad experimental tiene un rol central, tales como *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life* de Shapin y Shaffer (1985), o *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics* de Pickering (1984).

La discusión alrededor del constructivismo social ha crecido notablemente en los últimos años. Hasta ha recibido un nombre, “la guerra de la ciencia” (*science war*) en analogía con la guerra de las culturas. De modo general podemos decir que gran parte de esa discusión consiste o bien en una feroz crítica a los presupuestos del constructivismo social o bien en su incondicional defensa<sup>56</sup>. Dentro de esa disputa una excepción podría ser el recién citado libro de Ian

---

<sup>56</sup> Una buena muestra de esta variedad puede verse en Gross, P. – Levitt, N. – Lewis, M. (Eds.) (1996) y Brown, J. (Ed.) (1984).

Hacking *The Social Construction of What?* (1999). Este trabajo, que pretende colocarse en un punto equidistante a ‘ambos bandos’, tiene como objetivo explícito determinar qué se construye socialmente según el constructivismo social. ¿Se construyen ideas, entidades, hechos? Hacking lleva adelante esta elucidación a través de un intento de explicitación de los supuestos filosóficos del constructivismo social. Su tesis central es que en realidad cada uno de los bandos en ‘la guerra de la ciencia’ no está hablando de lo mismo cuando discuten.

En este apartado no voy a seguir la estrategia de Hacking, sino que me propongo hacer una evaluación del constructivismo social desde la perspectiva de la historia de la filosofía de la ciencia. En otras palabras, no me ocuparé tanto de los presupuestos del constructivismo social como de sus productos, y mi atención estará focalizada particularmente en el impacto que los mismos han tenido en el desarrollo de la filosofía de la ciencia, y cómo algunas de estas investigaciones han nutrido lo que hoy llamamos epistemología de la experimentación. Dentro de la variedad de obras que podrían encuadrarse, o que se autoencuadran, dentro de la tradición del constructivismo social, se destacan, para los fines de esta evaluación, aquellas que se han ocupado de las prácticas experimentales o de laboratorio.

Desde esta perspectiva, sostendré que *el constructivismo social ha dejado más huella en la filosofía de la ciencia de lo que los anti-constructivistas están dispuestos a reconocer*. Como se verá más adelante, esta huella no se traduce necesariamente en aceptar los presupuestos del constructivismo, sino que más bien la propia

discusión de los presupuestos del constructivismo ha obligado a una reformulación de los puntos de partida del anti-constructivismo.

A fin de realizar la evaluación propuesta tendré especialmente en cuenta los trabajos desarrollados entre fines de la década del 70 y finales de la década del 80<sup>57</sup>. Los trabajos de los últimos años presentan una perspectiva más radical que los anteriores. Sin embargo, dejaré de lado estos trabajos ya que aún no es posible evaluar su impacto en el aspecto que me propongo en este trabajo.

Varias razones confluyen para hacer que no resulte una tarea sencilla caracterizar al constructivismo social. En primer lugar, el constructivismo social no constituye una escuela de pensamiento que comparta un cuerpo básico de principios<sup>58</sup>. En segundo lugar, se ha encuadrado dentro del constructivismo social a muy diversos tipos de investigaciones y sobre muy diversas temáticas. Es interesante ver la lista que Hacking presenta respecto de qué cosas se ha hablado en términos de construcción social tomando solamente como base títulos de libros<sup>59</sup>: hechos, género, autoridad, conocimiento, naturaleza, historia oral ... y la lista continúa. Debe notarse que muchos de los

---

<sup>57</sup> La bibliografía dentro del constructivismo social –en sentido amplio– es muy abundante. A modo de ejemplo del tipo de trabajos que tengo en mente para esta evaluación pueden citarse Latour, B. – Woolgar, S. (1979/1986) Pickering, A. (1984), Latour, B. (1987), Shapin, S. – Schaffer, S. (1985), Le Grand, H. E. (Ed.) (1990). Las obras aquí citadas tienen formato de libro, y han sido antecedidas por publicaciones en revistas periódicas, por lo que las fechas de publicación no se corresponden exactamente con las de las investigaciones que las sustentan.

<sup>58</sup> Esto es sólo sostenible para el constructivismo social en sentido amplio, ya que el programa fuerte sí comparte un conjunto básico de principios. Cf. Bloor, D. (1976) y los trabajos de Bloor, D. y Barnes, B. en Brown, J. (1984). Nótese que no discuto el programa fuerte como sociología de la ciencia, sino en tanto ésta toma un cierto estatus de filosofía de la ciencia o cuando, aún como sociología, tiene un impacto sobre la filosofía de la ciencia.

<sup>59</sup> Cf. (Hacking 1999: 1)

trabajos a los que esta lista refiere podrían encuadrarse más dentro del programa fuerte en sociología de la ciencia que en el constructivismo social. En los últimos años esta distinción resulta mucho más difícil de hacer ya que las posiciones se han acercado cada vez más. Este acercamiento se ha dado fundamentalmente porque gran parte del constructivismo social ha reforzado tesis reduccionistas – características del programa fuerte- y ha debilitado su aspecto constructivo. Sin embargo, en el período en el que he circunscripto esta evaluación (fines de la década del 70 y década del 80) esta distinción entre constructivismo social y programa fuerte aún tenía algún sentido. A pesar de ello, aún para esa época la línea divisoria entre constructivismo social y sociología de la ciencia enmarcada dentro del programa fuerte resulta sumamente difusa. Así, aún siendo posible establecer una distinción, aunque de modo no muy estricto, entre constructivismo social y programa fuerte, a los fines de la evaluación que pretendo realizar tal distinción no resulta necesaria. Por esta razón utilizo ‘constructivismo social’ en este sentido amplio que no distingue entre constructivismo social en sentido estricto y programa fuerte. Finalmente la dificultad más grande para caracterizar al constructivismo social es producto de la propia división en bandos. Existe un hiato muy grande entre la caracterización que el constructivismo hace de sí mismo y la que el anti-constructivismo hace del constructivismo.

En general, puede decirse que la discusión entre constructivistas y anti-constructivistas ha estado centrada en tópicos como la racionalidad, el realismo, el rol de la experiencia, la objetividad, etc. Pero esa discusión ha hecho que entre los anti-

constructivistas se incorporaran otros aspectos a la discusión dentro de la filosofía de la ciencia, tal como señalé en el apartado anterior.

Este último cambio tuvo su origen, según lo veo yo, en varias fuentes. Por ejemplo influyó el desarrollo de las ciencias cognitivas en general y de la inteligencia artificial en particular, el interés que despertaron las epistemologías naturalizadas, los límites del deductivismo, etc. Sin embargo, uno de los factores que más han influido para que se produjera este cambio está constituido por los productos del constructivismo social que la filosofía de la ciencia anti-constructivista tuvo que discutir en sus puntos de partida. A pesar de rechazar el punto de partida constructivista la filosofía de la ciencia anti-constructivista debió reconocer, de manera implícita, que algunos de los aspectos que las investigaciones constructivistas ponían de manifiesto eran un aporte necesario para construir una filosofía de la ciencia, pero que necesitaban reformularse sin los ‘aterradores’ supuestos constructivistas.

Así, las prácticas científicas no sólo se han ido convirtiendo paulatinamente en punto de partida, sino también en punto de llegada. Es la propia práctica científica el lugar donde se pone a prueba la filosofía de la ciencia. Así la práctica científica tiene el lugar que la historia de la ciencia tuvo para la filosofía de la ciencia a partir de la década del 60. Debe notarse que, al sostenerse que las prácticas científicas pueden ser el lugar donde se testea la filosofía de la ciencia, esta última ha perdido buena parte del carácter normativo que supo tener. La disolución del carácter normativo de la filosofía de la ciencia es una consecuencia de numerosas razones. Una de estas razones es el otro cambio sustancial acaecido durante este siglo dentro de esta disciplina: la disolución de la distinción interno – externo.

La pérdida de la fuerza que la distinción interno – externo supo tener es un cambio de la misma profundidad que el anterior, aunque menos evidente. Lo que se ha perdido no es tanto la distinción interno – externo, como la línea divisoria que los separaba. La filosofía de la ciencia anti-constructivista de los noventa rechaza el reduccionismo constructivista que disuelve lo interno en lo externo<sup>60</sup>. Sin embargo, tampoco sostiene una nítida división externo – interno, sin importar dónde se trace la división<sup>61</sup>.

Existen otros cambios dentro de la filosofía de la ciencia anti-constructivista contemporánea que están en alguna medida relacionados con el impacto de la filosofía de la ciencia constructivista. Sin embargo, ninguno de ellos tiene la relevancia de los anteriores –el cambio en la unidad de análisis y el debilitamiento de la distinción interno externo-, ni tampoco pueden ser considerados como una consecuencia de ellos. Para mencionar sólo algunos de estos cambios podría citarse la disolución (o crítica) a la distinción entre contexto de descubrimiento y contexto de justificación, y la eliminación de la demarcación nítida entre filosofía de la ciencia y psicología.

Por último quisiera esbozar otra perspectiva, más programática y menos retrospectiva, para ver la relación entre filosofía de la ciencia constructivista y filosofía de la ciencia anti-constructivista. El

---

<sup>60</sup> Muchos anti-constructivistas han visto esta disolución de lo interno en lo externo en *Laboratory Life*. Sin embargo, creo que esta obra muestra una disolución de la distinción que en trabajos posteriores se transforma en una reducción de lo interno a lo externo.

<sup>61</sup> La década del setenta discutió mucho esta distinción. Sin embargo, nunca puso en tela de juicio la distinción. Lo que se discutía, particularmente en el ámbito de la historia de la ciencia, era el lugar donde se trazaba la distinción.

constructivismo social ha realizado numerosas investigaciones del tipo de lo que se ha llamado micro estudios de la ciencia. Estos estudios nos plantean el siguiente problema ¿pueden estos estudios, o parte de ellos, ser utilizados como descripciones de las prácticas científicas sin comprometernos con los presupuestos del constructivismo? Creo que la respuesta es que parte de ellos son instructivas descripciones (históricas o sociológicas) de prácticas científicas, de las que en muchos casos no se siguen las interpretaciones que los constructivistas hacen de las mismas. En este sentido una filosofía de la ciencia sensible a las prácticas científicas, tiene mucho para tomar de estudios como *Laboratory Life* o *Constructing Quarks*.

Permítanme una última digresión sobre el estilo constructivista. Creo que buena parte del modo en que Latour y muchos otros constructivistas se expresan no debe ser leído literalmente. En otras palabras, su estilo está enmarcado en el contexto de una guerra donde más que expresar se intenta provocar al supuesto enemigo. Por esta razón algunas críticas basadas sólo en lo que literalmente se dice, sin atender al contexto y al interlocutor al que estaban dirigidas, no hacen más que invitar a nuevas provocaciones.

Suponiendo que se aceptara lo expuesto hasta aquí, se podría llegar a pensar que las diferencias entre constructivistas y anti-constructivistas son menos de las que parecen traslucirse en los trabajos donde unos discuten a otros. Nada más lejos de mi evaluación. He marcado cambios, que considero profundos, dentro de la filosofía de la ciencia anti-constructivista, que desde mi perspectiva encuentran una de sus causas más importantes en el impacto que en ella ha tenido de la filosofía constructivista. Pero esos cambios han sido acompañados por una radicalización de los puntos de vista



constructivistas que han llevado a que la distancia se mantenga a pesar de los cambios.<sup>62</sup>

Sin embargo, una de las diferencias más profundas entre el programa filosófico y el enfoque histórico-sociológico es que el último ha tendido a llevar al concepto de práctica a una forma que podríamos llamar lingüística. El inscripcionismo de Latour o las narrativas de Gooding son buen ejemplo. La materialidad de la experimentación o de los instrumentos queda así nuevamente desvanecida.

Si se pregunta cuál fue el mayor aporte de Kuhn a la filosofía de la ciencia, la respuesta sería un rol para la historia de la ciencia dentro de la filosofía de la ciencia. Si se pregunta qué le dejó el constructivismo social a la filosofía de la ciencia, mi respuesta sería un rol para las prácticas dentro de la filosofía de la ciencia. Aunque este breve eslogan refleja la tesis central de este apartado, es sólo un eslogan. Las prácticas científicas, como unidad de análisis, no son patrimonio exclusivo del constructivismo social, así como tampoco Kuhn inventó ese rol para la historia de la ciencia. Sin embargo, no puede negarse el fuerte impacto que en este sentido ha tenido el constructivismo social en la filosofía de la ciencia ‘anti-constructivista’.

En el próximo apartado veremos otra fuente que ha nutrido a la epistemología de la experimentación y que también han contribuido a instalar a las prácticas científicas en centro de la escena de la filosofía de la ciencia.

---

<sup>62</sup> Creo que el trabajo de Latour, B. (1999/2001) es bastante elocuente respecto de la radicalización de los puntos de vista constructivistas.

### 3. El programa cognitivista

Las ciencias cognitivas, y especialmente la psicología cognitiva y la inteligencia artificial, han tenido una importante influencia dentro de la filosofía de la ciencia. Dentro de estas disciplinas se desarrollaron programas de investigación dirigidos a modelizar el razonamiento científico y especialmente los actos creativos de los científicos, particularmente dentro de las actividades de descubrimiento, tales como la formación de conceptos, la elaboración de hipótesis explicativas, la búsqueda de leyes, etc. A partir de la década de 1990 las estrategias experimentales entraron de modo explícito dentro los modelos.

Dentro de estas investigaciones se destacan principalmente dos líneas que tienen fluidas interrelaciones. Por un lado, aquellas que han desarrollado programas computacionales de descubrimiento científico, dentro de los cuales algunos involucran estrategias de tipo experimental. Por otro lado, se han desarrollado diversas investigaciones en el campo de la psicología cognitiva que intentan elucidar los patrones inferenciales de los científicos experimentales, especialmente en las actividades de diseño y ejecución de experimentos. Se destacan dentro de la primera línea programas como KEKADA, desarrollado por Simon y Kulkarni, y dentro de la segunda las investigaciones realizadas por David Klahr y Kevin Dunbar<sup>63</sup>.

---

<sup>63</sup> Aunque no es la única línea dentro de la psicología cognitiva, gran parte de las investigaciones en las que las prácticas científicas experimentales fueron el foco de atención, se desarrollaron dentro del programa que originara Herbert Simon. Tanto Kevin Dunbar como David Klahr han sido sus discípulos. En los próximos capítulos se presentarán con algún detalle tanto el programa KEKADA, como las investigaciones en torno a este tópico que realizaran Dunbar y Klahr.

Estas dos líneas de investigación se hallan en procesos de retroalimentación permanente. A continuación se detallan diferentes metodologías utilizadas para modelizar el razonamiento científico:

a) La *historia de la ciencia*: numerosos modelos computacionales han tenido su fuente principal en el estudio histórico de casos. El ejemplo paradigmático es KEKADA, que simula el descubrimiento del ciclo de la ornitina que realizara Krebs. Simon y Kulkarni se basaron para su desarrollo en el estudio histórico que realizara Holmes (1980; 1991).

b) Estudios *in vivo*: se realizan registros día a día de reuniones de laboratorio, presentaciones, etc. Se han llevado adelante también registros a través de filmaciones de todas las actividades de un laboratorio durante un período de tiempo. (Dunbar 1995) (Dunbar 1999) (Klahr 2000) (Klahr, Fay & Dunbar 1993).

c) Estudios *in vitro*: se diseñan experimentos en los que utilizan individuos, desde niños a científicos profesionales, incluyendo legos y alumnos de poca formación científica. En general estos experimentos han servido para realizar comparaciones en el uso de ciertas estrategias inferenciales entre científicos y legos, entre científicos experimentales y teóricos, entre científicos especialistas en ciertas disciplinas y científicos de disciplinas diferentes a la del problema que se les plantea. (Dunbar & Blanchette 2001).

d) *Programas computacionales o modelos de simulación*: diseño de programas que implementan ciertas estrategias inferenciales, las que a través de ciertos datos iniciales llegan a un resultado final (descubrimiento de una ley, formación de ciertos conceptos, etc.). (Langley, Simon & Bradshaw 1987)

Estas metodologías funcionan en un doble sentido y son los canales por los que se da la retroalimentación entre las dos líneas que mencioné más arriba. Por un lado son la fuente a partir de la cual se realizan los modelos, pero también son el ámbito en el que estos modelos son sometidos a testeos. Esto vale para cada una de las metodologías indicadas arriba. A modo de ejemplo, uno de los aspectos más investigados dentro del ámbito experimental ha sido el uso de analogías; para ello fueron llevadas adelante investigaciones *in vivo* e *in vitro*. De igual forma, para estos investigadores el desarrollo de programas computacionales es una de las formas más sólidas de someter a testeos sus modelos teóricos.

¿Por qué pueden resultar relevantes para la filosofía de la ciencia los desarrollos de ciertas disciplinas particulares como las mencionadas en este apartado? No quisiera iniciar una discusión sobre las dificultades y las ventajas de una epistemología naturalizada, o sobre las aproximaciones descriptivas – normativas para la filosofía de la ciencia, porque esto nos llevaría muy lejos del objetivo de este capítulo. Sin embargo, quiero hacer una pequeña justificación de por qué incluí los desarrollos en ciencias cognitivas como una de las fuentes para una epistemología de la experimentación. Seré muy breve, creo que una posición similar a la que se tome respecto de la relación entre filosofía de la ciencia e historia de la ciencia, debe sostenerse también respecto de la relación entre filosofía de la ciencia y disciplinas como las cognitivas. Puesto que creo que resulta impensable una filosofía de la ciencia indiferente a la historia de la ciencia, y que las relaciones entre ambas disciplinas son complejas y

se dan en una avenida de doble circulación, lo mismo creo de la relación entre ciencias cognitivas y filosofía de la ciencia. Ello no supone adscribir completamente al programa de filosofía cognitiva de la ciencia en el estilo de Giere (1988).

#### **4. La epistemología de la experimentación hoy**

Permítanme citar una evaluación muy reciente de un filósofo cuyo trabajo se inscribe en lo que aquí he llamado epistemología de la experimentación.

El desarrollo de la filosofía de la experimentación científica en los pasados veinte años ha tenido dos rasgos principales. Después de un rápido comienzo en la década de 1980, parece haber perdido una buena parte de su impulso durante la década siguiente. (Radder 2003: 1)

El segundo rasgo, al que se refiere Radder, es que el desarrollo en la historia de la ciencia y los estudios sociales de la ciencia ha sido notable durante el mismo período. Una caracterización similar hace Steinle (2002).

Esta evaluación del desarrollo de la epistemología de la experimentación en los pasados veinte años se halla atada una característica que parece estar en el programa original, pero desconoce otra característica que el programa original sólo insinuaba y que el propio Hacking llamativamente no ha explorado demasiado.

La primera característica a la que me refiero tiene que ver con la posibilidad de lograr una filosofía general de la ciencia que preste 'la debida atención' a las prácticas experimentales, esto es lograr una

imagen de la ciencia en la que el rol de la experimentación ocupe un lugar apropiado. Parece desprenderse de la primera formulación del programa que era posible llevar adelante esta tarea. En este sentido, la evaluación de Radder o Steinle es correcta, estamos muy lejos de tener una caracterización acabada de las prácticas experimentales. Sin embargo, estos veinte años muestran un intenso trabajo dentro de la filosofía de la ciencia. Lo que sucede es que una buena parte de ese trabajo se ha dirigido hacia problemáticas particulares de las prácticas experimentales de ciertas disciplinas. Lo que las investigaciones de estos veinte años han mostrado es que las prácticas experimentales, o las interrelaciones entre instrumentos, experimentos y teorías, son aún más complejas de lo que se intuía a principios de los ochenta. De esto no se sigue que se haya perdido buena parte de la euforia original. Lo que se ha perdido es cierta ingenuidad respecto a la posibilidad de alcanzar una caracterización general. Un proceso similar puede encontrarse en la relación entre filosofía general de la ciencia y filosofía de las ciencias particulares. Es en este sentido que creo que este tipo de evaluaciones han quedado demasiado atadas a la formulación original del programa. El tipo de ejemplos que Hacking trabajó en *Representar e Intervenir* parecía sostener que este era el objetivo del programa. Pero la evaluación del estado actual no creo que deba hacerse respecto a su formulación original, sino en relación con el estado de desarrollo del problema.

Otro aspecto que las investigaciones de estos veinte años nos han mostrado, y aquí han colaborado mucho los historiadores de la ciencia, y especialmente los historiadores de instrumentos, es que probablemente una caracterización general sea imposible porque el propio concepto de experimento es un concepto histórico, y también

que las prácticas experimentales se desarrollan en la historia. Este desarrollo trae consigo elementos nuevos que requieren una reflexión epistemológica igualmente nueva. Sin duda no son lo mismo las prácticas experimentales de Boyle o Galileo que las que se desarrollan hoy en grandes aceleradores de partículas. Esta manera de ver a la experimentación sólo está sugerida en la versión original del programa, pero el modo en que lo lleva adelante en esa obra decididamente no la tiene en cuenta. De otra manera no tendría sentido que los ejemplos de Hacking pasearan por toda la historia de la ciencia y por varias disciplinas sin el menor comentario al respecto.

Resulta extraño que la propia idea de estilo, en Hacking, no sea sensible a su desarrollo histórico en este sentido. Particularmente resulta extraño viniendo de alguien que ha pensado desde hace varios años en el desarrollo de una epistemología histórica. Los estilos de Hacking tienen historia, nacen, se desarrollan y mueren. Pero, en la aplicación que hace de los mismos, esta caracterización no pasa de ser sólo una metáfora.

Esta es la otra característica que hace difícil una caracterización general de la experimentación: las prácticas experimentales tienen historia y esa historia genera cambios que hacen que nuestras categorías epistemológicas a menudo queden obsoletas o al menos estrechas.

Finalmente, una última evaluación del programa. Aunque según mi punto de vista la presentación original del mismo resultó sumamente fructífera para generar una nueva perspectiva, en la actualidad podría sostenerse que las categorías originales de representar e intervenir necesitan una reformulación y cierta eliminación de la polaridad con la originalmente se generaron. A

partir de trabajos históricos y epistemológicos, se hace patente que ya no alcanza con eslogans como “la experimentación tiene ida propia”.

El próximo capítulo mostrará una buena parte de la variedad de problemas con los que se enfrenta la epistemología de la experimentación.



## **VI. La actividad experimental**

El capítulo anterior mostró las diferentes tradiciones y disciplinas que convergen en lo que he llamado epistemología de la experimentación. Este capítulo planteará algunos de los problemas centrales de la epistemología de la experimentación recorriendo las distintas fases de esta actividad. Sería imposible realizar una taxonomía exhaustiva, aunque pretendo poner de relieve distintas facetas de la experimentación, diversidad de roles, multiplicidad de interacciones. Para ello el primer apartado tratará acerca de los diseños experimentales; el segundo apartado estará dirigido a la efectiva realización de los experimentos; el tercero prestará atención a los resultados de experimentos; el cuarto se focalizará en la interpretación de esos resultados. Finalmente, se analizan algunos aspectos más generales no directamente asociados con algunas de estas fases en particular.

## 1. Diseños experimentales

De alguna manera, el diseño experimental es una de las primeras etapas de la actividad experimental y una sin lugar a dudas muy importante. A pesar de ello, en lo que respecta a las ciencias naturales es un tópico que no ha recibido suficiente atención dentro de epistemología de la experimentación, al menos en comparación con otros aspectos de esta actividad. Sin embargo, es necesario destacar que ciertas líneas de investigación son excepciones a este comentario. Un ejemplo de tales excepciones son los trabajos de Deborah Mayo<sup>64</sup>, cuyo tópico central es el conocimiento experimental, con particular interés en el diseño de experimentos. Su aproximación al diseño experimental se inscribe dentro de la tradición de R. Fisher (1947). Los trabajos de este autor, así como desarrollos posteriores en esa misma dirección, han impactado fuertemente en el diseño de experimentos en el ámbito de algunas ciencias sociales donde el procesamiento estadístico resulta de suma importancia.

Un experimento clásico ayudará a presentar algunos de los tópicos relacionados con el diseño experimental con mayor interés epistemológico, desde una perspectiva más amplia que la recién mencionada. Para presentarlo utilizaré la exposición que realiza el propio Galileo:

SALV. [...] Por lo que se refiere a los experimentos, no han sido pasados tampoco por alto por parte del autor; con el fin de dejar bien probado que la aceleración de los graves que caen de modo natural se da en la proporción antes desarrollada, me he visto muchas

---

<sup>64</sup> Si bien Deborah Mayo desarrolló sus ideas en una gran cantidad de artículos su obra principal es *Error and the Growth of Experimental Knowledge* (1996).

veces en su compañía, a fin de probarlo de la siguiente manera.

En un listón o, lo que es lo mismo, en un tablón de una longitud aproximada de doce codos, de medio codo de anchura más o menos y *un* espesor de tres dedos, hicimos una cavidad o pequeño canal a lo largo de la cara menor, de una anchura de poco más de un dedo. Este canal, tallado lo más recto posible, se había hecho enormemente suave y liso, colocando dentro un papel de pergamino lustrado al máximo. Después, hacíamos descender por él una bola de bronce muy dura, bien redonda y pulida.

[213<sup>65</sup>] Habiendo colocado dicho listón de forma inclinada, se elevaba sobre la horizontal una de sus extremidades, hasta la altura de una o dos codos, según pareciera, y se dejaba caer (como he dicho) la bola por dicho canal, tomando nota como en seguida he de decir del tiempo que tardaba en recorrerlo todo.

Repetimos el mismo experimento muchas veces para asegurarnos bien de la cantidad de tiempo y pudimos constatar que no se hallaba nunca una diferencia ni siquiera de la décima parte de una pulsación. Establecida exactamente esta operación, hicimos que esa misma bola descendiese solamente por una cuarta parte de la longitud del canal en cuestión. Medido el tiempo de la caída, resulta ser siempre, del modo más exacto, precisamente la mitad del otro. Haciendo después el experimento con otras partes, comparando el tiempo de la longitud completa con el tiempo de la mitad, con el de  $2/3$ , con el de  $3/4$  o con cualquier otra fracción, llegábamos a la conclusión, después de repetir tales pruebas una y mil veces, que los espacios recorridos estaban entre sí como los cuadrados de sus tiempos. Esto se podía aplicar a todas las inclinaciones del plano, es decir, del canal a través del cual se hacía descender la bola. Observamos también que los tiempos de las caídas por diversas inclinaciones del plano guardan entre sí de modo riguroso una proporción que es, como veremos después, la que les asignó y demostró el autor.

---

<sup>65</sup> Número de párrafo.

En lo que a la medida del tiempo se refiere, empleamos una vasija grande llena de agua, sostenida a una buena altura y que, a través de un pequeño canal muy fino, iba vertiendo un hilillo de agua, siendo recogido en un vaso pequeño durante todo el tiempo en que la bola descendía, bien por todo el canal o sólo por alguna de sus partes. Se iban pesando después en una balanza muy precisa aquellas partículas de agua recogidas del modo descrito, con lo que las diferencias y proporciones de los pesos nos iban dando las diferencias y las proporciones de los tiempos. Ocurría esto con tal exactitud que, como he indicado, tales operaciones, repetidas muchísimas veces, jamás diferían de una manera sensible. (Galilei 1628/1996: 299-300)

Los historiadores de Galileo han discutido mucho si este experimento fue efectivamente realizado, o si en realidad se trata de un experimento imaginario que por razones retóricas fue presentado por Galileo como un experimento real. Varios de los experimentos narrados por Galileo, entre ellos éste, fueron reproducidos tratando de mantener la mayor fidelidad posible en materiales y condiciones. La discusión acerca de la realización de los experimentos por parte de Galileo tiene entre los historiadores un fuerte componente epistemológico: racionalistas vs empiristas.

Sin embargo, a los fines de este apartado resulta relativamente irrelevante entrar en la discusión si Galileo efectivamente realizó o no el experimento, puesto que la presentación del mismo sirvió de diseño para otros experimentadores que efectivamente lo realizaron con resultados diversos<sup>66</sup>. No sólo fue realizado por otros experimentadores de su época, sino que su diseño fue mejorado en diversos aspectos, tales como el material de la bola que cae, el pulido del plano y algún tipo de revestimiento que ayudara a minimizar el

---

<sup>66</sup> Los experimentos imaginarios son analizados en el próximo capítulo.

efecto del rozamiento, entre otros. De hecho, el experimento fue realizado por Mersenne, con resultados diferentes. Riccioli repetirá los experimentos, focalizando su atención en el método de medición del tiempo. Finalmente, Huygens logra inventar un reloj mecánico que permitirá mejorar notablemente la medición del tiempo para estos experimentos.<sup>67</sup> El propio reloj de Huygens es un instrumento cuyo funcionamiento supone la ley de caída de los graves de Galileo.

Una perspectiva interesante para analizar el ejemplo citado, así como muchos otros, es el de la interacción entre experimentación e instrumentos. Sin embargo, resulta difícil realizar una taxonomía de los diferentes modos en que la instrumentación interactúa con el diseño de experimentos, de modo tal que se pueda dar cuenta de la variedad y complejidad de tal interacción. Un nuevo instrumento abre la posibilidad a nuevas experimentaciones, pero al mismo tiempo establece pautas para el diseño de experimentos. La interrelación entre instrumentos y experimentación permite afirmar que la generación de instrumentos está produciendo una novedosa relación entre tecnología y ciencia. Por un lado el diseño de instrumentos está comenzando a tener vida propia, un estatus epistemológico diferente y un rol más destacado en los diseños experimentales (un claro ejemplo de este cambio puede verse en el hecho de que ha habido varios premios Nobel por diseño de instrumentos en las últimas décadas). Pero, además, este rol protagónico dentro de las prácticas experimentales hace que hoy pueda afirmarse que la tecnología está indicando el camino a varios sectores de la ciencia.

---

<sup>67</sup> Diversos detalles relevantes respecto del modo en que este experimento fue mejorado en su diseño pueden verse en (Koyré 1953/1977a).

Así, los instrumentos, su diseño y evolución, tienen una fuerte incidencia en la posibilidad de pasar de un diseño experimental a la ejecución de un experimento. Peter Galison en *Image and Logic* (1997) narra la historia de las tradiciones instrumentales en su interrelación con la experimentación en el ámbito de la física de partículas de principio del siglo XX. Dos de las tesis centrales de su libro serán de utilidad para presentar varios aspectos del diseño experimental. La primera de ellas sostiene que es posible distinguir tres culturas dentro de la actividad científica (especialmente en física): la cultura teórica, la cultura experimental y la instrumental. Cada una de ellas es parcialmente autónoma, con una dinámica propia que se nutre de la interrelación con las otras. El lenguaje y la práctica en la experimentación, en la instrumentación y en la teoría son distintos, pero lo que llamamos conocimiento científico es el producto de la interrelación entre estas diversas culturas. Además, la autonomía de estas culturas se manifiesta en que no necesitamos suponer que las prácticas experimentales, teóricas e instrumentales cambian en conjunto. Esto implica que la dinámica de cambio en estas culturas no puede explicarse sincrónicamente. La segunda tesis de Galison que podría destacarse en este contexto es aquella que sostiene que dentro de la cultura instrumental es posible distinguir tradiciones diferentes. Estas diferentes tradiciones impactan fuertemente en el tipo de experimentos que se realizan y en los resultados de los mismos. Galison distingue fundamentalmente dos tradiciones en el ámbito de la física que en la actualidad tienden a confluir: la de los instrumentos productores de *imágenes* y la tradición de los instrumentos electrónicos que se montan sobre circuitos *lógicos*. Esta distinción es la que da origen al título del libro. Cada una de estas tradiciones no sólo se distingue por el instrumental utilizado en los experimentos,

sino por los objetivos que tienen estos experimentos en términos de lo que será un resultado para dicho experimento. Por ejemplo, en la física de partículas existe la tradición de los detectores visuales –como la cámara de niebla o la cámara de burbujas- en contraste con la tradición electrónica –contadores Geiger y cámaras de centelleo-. Los científicos dentro de la tradición visual suelen preferir “eventos dorados” que muestran claramente el fenómeno en cuestión, mientras los pertenecientes a la tradición electrónica suelen encontrar más persuasivos e importantes los argumentos estadísticos que los eventos individuales.

Existe otra perspectiva para ver los diseños experimentales, sugerida por los trabajos de Herbert Simon<sup>68</sup> en torno a las ciencias de lo artificial como ciencias del diseño. Dos aspectos del concepto de diseño de Simon serán particularmente útiles como puntos de contraste.

El primero de ellos es la dependencia del concepto de diseño con la planificación en función de objetivos, que Simon asocia con el origen mismo de este concepto en la ingeniería. En este sentido el diseño experimental implica sin dudas planificación en función de objetivos, pero, además, el diseño de experimentos implica también un tipo de habilidad de experto que tiene mucha relación con las habilidades prácticas de un ingeniero<sup>69</sup>. De este modo se explicitan

---

<sup>68</sup> Sin bien esta idea aparece en diversos trabajos de este autor, una elaboración detallada puede encontrarse en (Simon 1996).

<sup>69</sup> Simon consideró un problema central en su caracterización de la resolución humana de problemas, especialmente en torno al descubrimiento científico: establecer las diferencias y semejanzas entre el experto y novato. Algunos de sus discípulos implementaron esta idea en diseños experimentales en psicología cognitiva. Cf. por ejemplo, (Simon 1982) (Klahr 2000).

dos aspectos del diseño experimental, el diseño de experimentos como proceso y el diseño como producto. Las estrategias inferenciales involucradas en el diseño experimental que se irán señalando a lo largo de este apartado tienen en cuenta ambos sentidos de diseño.

El segundo aspecto del concepto de diseño de Simon que quisiera destacar, es la definición de las ciencias de lo artificial como ciencias del diseño. Aunque este apartado intenta mostrar diversas facetas del diseño experimental en ciencias naturales, este aspecto es de gran ayuda para comprender el rol de la simulación en las prácticas experimentales contemporáneas. Si bien la noción de simulación tiene una larga historia que se desarrolla en gran parte a través del concepto de modelo, se ha visto notablemente renovada a través de la simulación computacional y las ciencias de lo artificial. Esto queda de manifiesto en la incorporación en los propios experimentos de laboratorio de, por ejemplo, realidad virtual, experimentos mentales controlados, diseños de simulaciones en tiempo real, tratamiento de procesos complejos que no son fácilmente simulables por estrategias reduccionistas<sup>70</sup>.

Desde la perspectiva de los objetivos de un diseño experimental se puede afirmar que los objetivos de un experimento marcan de algún modo las estrategias que se utilizarán para el diseño del mismo. Según su objetivo prioritario los experimentos pueden clasificarse en experimentos para medir, experimentos para aumentar la precisión de una medición, experimentos para detectar entidades, experimentos exploratorios. Sin embargo, además de los mencionados, muchos

---

<sup>70</sup> El capítulo VII desarrollará con más detalle la relación entre experimentos y simulación.



experimentos contemporáneos tienen como objetivo la búsqueda de patrones en contextos de amplia información o grandes bases de datos. La búsqueda de patrones conlleva la utilización de un conjunto de aproximaciones características de tal actividad, y que se ven fuertemente influidas por el tipo de patrones que se intentan detectar. En este sentido pueden ser iluminadores algunos ejemplos de experimentos que mostraron la tensión entre la automatización en la búsqueda de patrones y la búsqueda humana de patrones. Esta tensión pone de manifiesto dos aspectos interesantes de la experimentación. Por un lado, la posibilidad de reducir la percepción humana de patrones a un conjunto de reglas que posibiliten la automatización del proceso y faciliten así el tratamiento de grandes bases de datos o imágenes, y por otro lado, la importancia de detectar 'elementos sorprendentes', tarea cuya automatización parece más dificultosa. Existe otro factor que hace muy importante a la inferencia estadística y al procesamiento de datos en general, y que está estrechamente relacionado con la interacción antes mencionada entre instrumental y diseño experimental. La complejidad creciente del instrumental utilizado en los laboratorio de física de altas energías, hace dificultosa la modificación del instrumental utilizado, por lo que buena parte de la experimentación está basada en el diseño del procesamiento de datos.

Un aspecto del diseño de experimentos, de suma importancia dentro de la filosofía de la ciencia, es la manipulación y determinación de las condiciones de control del experimento. El propio experimento de Galileo muestra las condiciones iniciales, condiciones *ceteris paribus*. El desarrollo de las ciencias naturales ha sofisticado notablemente los procedimientos para aislar y controlar condiciones en los ambientes artificiales de los laboratorios. En términos de diseño

el modo en que se establecen las relaciones entre diversas condiciones, y la posibilidad de variar los valores para estas condiciones puede llevar incluso al diseño de experimentos cuya realización es materialmente imposible. También un diseño puede impedir la observación de ciertos fenómenos.

Algunas investigaciones en el ámbito de la psicología cognitiva (Baker & Dunbar 2000; Dunbar 1995; Dunbar 1999; Klahr 2000) han detectado que las condiciones de control que un experimentalista introduce en el diseño de un experimento varían según el objetivo del experimento. Estas investigaciones se llevaron a cabo tanto en laboratorios científicos (las denominadas investigaciones *in vivo*), como a través de experimentos desarrollados en laboratorios de psicología cognitiva (investigaciones *in vitro*). En estas últimas, se le plantea a sujetos (científicos, estudiantes avanzados de ciencias y novatos) problemas que deberán solucionar a través de experimentos.

Lo que estos psicólogos descubrieron es que, además de las condiciones experimentales (las variables que el experimentador manipulará durante el experimento), el diseño involucra dos tipos de condiciones de control. Los “controles de referencia” [baseline controls] y los “controles estándar conocidos”. Los primeros consisten en condiciones por las que algo, o bien se deja afuera del experimento, o no es agregado a un experimento. Los segundos involucran condiciones que han sido previamente usadas, validadas y estandarizadas; involucran el uso de técnicas para las cuales el resultado esperado es conocido.

Las variaciones de estas condiciones dentro de experimentos en el ámbito de la filosofía de la ciencia son bastante conocidas como variantes de los métodos de Mill. Sin embargo, lo que resulta

interesante de estas investigaciones es que por un lado, los controles de referencia son habituales en el testeado de hipótesis, mientras que los controles estándar conocidos son estrategias habituales para determinar posibles errores dentro del sistema experimental. Por otra parte, las investigaciones *in vitro* mostraron que los no científicos casi no utilizaban controles estándar conocidos, mientras que este tipo de controles abundaban en los diseños de científicos y disminuían levemente en los estudiantes avanzados de ciencia.

Por otra parte, los diseños experimentales podrían clasificarse en función de su grado de idealización. El grado más alto de idealización podría incluir experimentos imposibles. Así, en algún sentido laxo del término diseño podrían considerarse a estos últimos como tales. En este sentido, funcionan como diseños la diversidad de experimentos imaginarios, algunas simulaciones computacionales y los diseños en un sentido más clásico. El experimento galileano que expusimos más arriba presenta un altísimo grado de idealización en tanto que Galileo supone que la bola y plano tendrán tal nivel de pulido y perfección que es innecesario considerar el rozamiento como una condición que incide en el resultado del experimento. El próximo capítulo analizará más detalladamente los experimentos imaginarios. En algunos casos los experimentos imaginarios juegan claramente el papel de diseños experimentales. A medida que el grado de idealización de los mismos va disminuyendo resulta más patente su posibilidad de ser directamente diseño de experimentos materiales.

## 2. Experimentos

Frente a la variedad de experimentos que pueden encontrarse en diversas disciplinas, así como dentro de cada una de ellas, una tarea importante es realizar algún tipo de taxonomía de los mismos. Franklin (2002) estableció una clasificación de la actividad experimental con un criterio fundamentalmente funcional. La clasificación que presento a continuación está basada en la realizada por Franklin, aunque he modificado algunas categorías para darle un carácter más general:

1. *Tiene una vida propia*: esta es la primera categoría de la experimentación que presenta Franklin. Si bien creo que está no es específicamente una función de la experimentación, no deja de ser una característica importante de la actividad experimental. La idea de marcar esta característica de la experimentación como una función tiene, a mi entender, como objetivo fundamentalmente resaltar que las funciones de la misma no pueden reducirse a su relación con la teoría. Esta es una característica que había destacado Hacking (1983/1996), y que sufriera diversas interpretaciones respecto al significado de la autonomía. El propio Hacking varió su posición respecto a lo que la autonomía significaba. A los efectos de esta clasificación funcional no resulta relevante establecer con precisión el grado de autonomía, pues éste es variable dependiendo de varios factores que saldrán a luz en las próximas funciones.
2. *Confirmación y refutación*: en esta categoría aparecen las relaciones más importantes que pueden mantener experimentos y teorías.

2.1. *Experimentos cruciales*: en general han sido considerados cruciales aquellos experimentos que han decidido entre dos o más teorías. Es bastante conocida la discusión en filosofía de la ciencia respecto a la posibilidad de que existan experimentos cruciales; ha sido especialmente el impacto del holismo y la carga teórica de la observación que han puesto en tela de juicio la posibilidad de existencia de este tipo de experimentos. El ejemplo de Franklin es el descubrimiento de la no conservación de la paridad. La interpretación de los experimentos, dentro de la física de partículas, que llevaron a este descubrimiento han sido motivo de intensas discusiones epistemológicas. (Cf. (Franklin 1990), (Pickering 1984), (Galison 1987)).

2.2. *Experimentos persuasivos*: lo que Franklin llama experimentos persuasivos son una variedad de experimentos cruciales. Ante explicaciones alternativas de un fenómeno, diversos experimentos van eliminando cada una de estas alternativas. Nuevamente el ejemplo de Franklin es uno del campo de la física de partículas: el descubrimiento de la violación de la paridad combinada.

2.3. *Confirmación tardía*<sup>71</sup>: es el caso en el que una predicción teórica recibe confirmación experimental muchos años después. El ejemplo brindado es el descubrimiento de la condensación de Bose-Einstein.

---

<sup>71</sup> Franklin llama a esta 'confirmación tras 70 años'. Esta denominación está fuertemente asociada al ejemplo elegido por el autor. Sin embargo, este no es un caso único por lo que me parece que la clasificación requiere una nivel de generalidad mayor por lo que he elegido la denominación 'confirmación tardía'.

### 3. *Complicaciones*

3.1. *Refutación no directa*: en muchos casos aceptar que ciertos experimentos llevan a una refutación teórica requiere previamente que se resuelvan desacuerdos entre los resultados experimentales. Por ejemplo, “sobre la base de evidencia sugestiva obtenida a partir de mediciones de la gravedad en pozos mineros, de la desintegración del mesón K, y de un nuevo análisis del experimento Eötvös, Fischbach y otros propusieron la “Quinta Fuerza”, una modificación de la Ley de Gravitación Universal de Newton. Los experimentos iniciales dieron resultados en conflicto: uno apoyaba la existencia de la Quinta fuerza, mientras el otro hablaba en contra de ella. Tras numerosas repeticiones del experimento, la discordancia fue resuelta y se alcanzó un consenso de que la Quinta Fuerza no existía, aun cuando no se había encontrado ningún error en el resultado positivo inicial. Había una enorme preponderancia de evidencia en contra de la existencia de la Quinta Fuerza” (Franklin 2002: 236)<sup>72</sup>.

3.2. *Experimento correcto, teoría equivocada*: “El experimento de Stern-Gerlach se consideró crucial en los tiempos en que fue realizado, pero de hecho, no lo era. En opinión de la comunidad de los físicos decidía la cuestión entre dos teorías, la mecánica cuántica, que predecía la cuantización espacial, y la mecánica clásica que no lo hacía. El experimento Stern-

---

<sup>72</sup> Este caso, al igual que el que se presenta como ejemplo de la próxima categoría de la clasificación, ha recibido un importante tratamiento dentro de la filosofía y la historia de la ciencia. Pero, dado el carácter extremadamente técnico de estos casos, aquí sólo hago mención de los mismos en tanto son los ejemplos que se brindan.

Gerlach mostraba claramente la cuantización espacial, refutando así la mecánica clásica y dando apoyo a la cuántica. Si la cuantización espacial existe, el rayo se separará en dos partes. Así lo hace. A la luz de trabajos posteriores, sin embargo, la refutación se mantenía pero la confirmación era cuestionable. De hecho, el resultado experimental planteaba problemas para la teoría que aparentemente había confirmado. Se propuso una nueva teoría y, aunque el resultado de Stern-Gerlach inicialmente también planteó problemas para la nueva teoría, tras una modificación de ésta el resultado la confirmaba. En cierto sentido, fue crucial a pesar de todo; sólo que llevó algún tiempo. El experimento de Stern-Gerlach suministra evidencia a favor de la existencia del espín de electrón. Estos resultados experimentales se publicaron por primera vez en 1922, aunque la idea de espín electrónico no fue propuesta por Goudsmit y Uhlenbeck hasta 1925. Se podría decir que el espín electrónico fue descubierto antes de ser inventado” (Franklin 2002: 236-237)

3.3. *A veces la refutación no funciona:* no siempre resulta transparente si un resultado experimental es analizado con la teoría apropiada, o si un experimento responde a las condiciones que fija una teoría. “Un caso al respecto es la historia de los experimentos sobre doble dispersión de electrones por núcleos pesados (dispersión mott) en los años 1930, y la relación de estos resultados con la teoría del electrón de Dirac, un episodio en el que la cuestión de si el experimento satisfacía o no las condiciones del cálculo teórico era central. Inicialmente, los experimentos no estaban de

acuerdo con los cálculos de Mott, arrojando dudas sobre la teoría subyacente de Dirac. Tras más de una década de trabajo, tanto teórico como experimental, se cayó en la cuenta de que había un efecto de trasfondo en los experimentos que enmascaraba el efecto predicho. Cuando se eliminó el trasfondo, hubo acuerdo entre el experimento y la teoría” (Franklin 2002: 237-238)

#### 4. *Otras funciones*

4.1. *Evidencia a favor de una nueva entidad*: “la experimentación puede también suministrarnos evidencia a favor de la existencia de las entidades involucradas en nuestras teorías. Los experimentos de J.J. Thomson sobre rayos catódicos dieron razones a favor de la creencia en la existencia de los electrones. Thomson probó que los rayos catódicos tenían carga negativa y que se comportaban en campos eléctricos y magnéticos exactamente del mismo modo que se comportarían partículas materiales cargadas negativamente. Midió también la razón entre masa y carga de rayos, encontrando que era mucho más pequeña que cualquier medición anterior. Concluyó que los rayos catódicos eran, de hecho, partículas materiales cargadas negativamente, o en otras palabras, electrones. Este es un ejemplo del argumento del ‘pato’: si tiene el aspecto de un pato, hace cuá-cuá como un pato, nada como un pato, entonces tenemos buenas razones para creer que es un pato.” (Franklin 2002: 238) El caso de la medición de la carga eléctrica del electrón por Millikan, que será expuesto más adelante, también puede ser considerado como un caso de evidencia experimental para una nueva entidad. Si bien la



entidad ya había recibido alguna confirmación experimental unos años antes, la medición de la carga fue vista como evidencia a favor de la existencia de los electrones.

4.2. *Articulación de la teoría*: “los experimentos también pueden ayudar a articular una teoría. Los experimentos sobre desintegración beta entre los años 1930 y los 1950 determinaron la forma matemática precisa de la teoría de Fermi de la desintegración beta.” (Franklin 2002: 238)

La clasificación recién presentada es particularmente funcional. Un mismo experimento puede cumplir más de una función. Pero existen otros modos de clasificar a los experimentos. Uno de ellos es tomando en cuenta el objetivo de los mismos. Según su objetivo prioritario los experimentos pueden clasificarse en experimentos para medir, experimentos para aumentar la precisión de una medición, experimentos para detectar entidades, experimentos exploratorios, experimentos para observar. Los experimentos exploratorios y los experimentos para observar son los experimentos que tienen más dificultades para ingresar en dentro de la imagen de la ciencia que tradicionalmente nos ha dado la filosofía de la ciencia.

Sostener que existe experimentación exploratoria es creer que a veces se experimenta sólo para explorar situaciones nuevas. No implica que no haya ningún tipo de conocimiento previo. Significa que la búsqueda que se realiza no es una búsqueda ‘guiada’ por teoría. Aquí la palabra clave es guiada. Hacking listaría este tipo de experimentación –él no usa este nombre- dentro de sus tópicos Baconianos, y el ejemplo extremo estaría dado por su cita del físico

George Darwin quien sostenía que “uno debería hacer de vez en cuando un experimento totalmente loco, como sonarles una trompa a los tulipanes cada mañana durante un mes. Tal vez nada va a pasar, pero si algo pasara, sería un descubrimiento estupendo” (Hacking 1983/1996: 182).

Sin embargo, lo que aquí llamo experimentación exploratoria es un tipo de actividad con más estructura que la propuesta por George Darwin. Steinle (Steinle 1996; Steinle 2002) ha caracterizado a la experimentación exploratoria como aquella experimentación que es guiada por el deseo de obtener regularidades empíricas y encontrar conceptos y clasificaciones por medio de los cuales pueden ser formuladas estas regularidades. Este tipo de procedimientos es particularmente común en disciplinas que se encuentran en etapas tempranas de desarrollo.

El primer experimento presentado en este capítulo, el experimento galileano, puede ser visto como un experimento exploratorio. Una característica típica de estos experimentos es la variación sistemática de parámetros. Galileo realizó diversas variaciones de parámetros, imaginó otras, y podrían haberse realizado otras. En la toma de decisiones de qué parámetros variar, cuántos variar, cuáles dejar fijos, cuáles resultan relevantes, se ponen de manifiesto las habilidades del experimentador que no pueden reducirse, ni derivarse del conocimiento teórico. La experiencia previa del experimentador juega un papel muy importante en este tipo de experimentos. Aunque estas decisiones son epistemológicamente relevantes, es común que la justificación de las mismas obedezca a motivos pragmáticos.

El análisis del modo en que se pasa de un diseño experimental a la obtención de un resultado pone de manifiesto la dificultad de tratar la experimentación desde la perspectiva de reglas formales o desde la perspectiva de tomar en cuenta sólo los resultados de los experimentos obviando el proceso de su generación. Un buen experimentador debe contar con habilidades las que no se agotan en el conocimiento teórico del dominio de fenómenos en cuestión. Existen análisis sociológicos respecto de cómo se aprenden algunas de esas habilidades en el entrenamiento en laboratorios. El caso de Krebs y su descubrimiento de la síntesis natural de la urea, que mostraré con algún detalle más adelante, es un buen ejemplo de cómo esas habilidades se adquieren haciendo. Una perspectiva conservadora podría sostener que este ‘saber hacer’ es algo con escasa relevancia epistemológica, dado que una vez obtenidos los resultados poco importa la forma en la que llegamos a ellos. Sin embargo, existen varias razones por las que este saber hacer resulta de suma importancia epistemológica. Por un lado, sabemos que el diseño de un experimento no se sigue lógicamente de un cuerpo teórico. No basta tener una buena predicción para encontrar el modo de chequearla. Además, poder realizar materialmente un diseño involucra un conjunto de habilidades que tampoco se siguen directamente ni de la hipótesis que se somete a testeo, ni del cuerpo teórico que sustenta el instrumental usado. Estas habilidades que no siempre han tomado el cuerpo de un conocimiento teórico, involucran en la realización material de un experimento decisiones con claras consecuencias epistemológicas. Se traslada el instrumental o la técnica habitualmente usada en un rango de fenómenos a otro, se calibra de determinada manera un instrumento, se decide que determinados datos obtenidos no son confiables, se controlan variables de determinadas manera, se establecen cuántas muestras o realizaciones del

experimento determinarán el resultado, etc. Muchas de estas actividades tienen justificación teórica, pero la justificación teórica no explica ni justifica todas estas actividades. Difícilmente aceptaríamos que ellas no tienen clara relevancia epistemológica. Ésta es en el fondo la diferencia entre el experto y el novato, pero puesta en términos de manipulación.

### 3. Resultados

Llegar a un resultado experimental involucra un proceso. Algunas características del mismo han sido puestas de relieve en la caracterización que realicé tanto de los diseños, como de la ejecución de los experimentos. Sin embargo, la determinación de los resultados merece un tratamiento por sí mismo, dada la importancia epistemológica de esta etapa de la actividad experimental. Un ejemplo ayudará a presentar estos aspectos: la medición de la carga eléctrica del electrón que realizara Robert Millikan<sup>73</sup>.

Este ejemplo será de interés también por otros aspectos. Por ejemplo, es un caso interesante de un experimento diseñado para medir. Además de ello muestra aspectos relevantes de la relación instrumentos – experimentos – teorías; también ha motivado algunas discusiones en torno a la ética de los científicos respecto al manejo de datos, así como algunas reflexiones respecto a las condiciones en las que los datos se evalúan.

---

<sup>73</sup> La reconstrucción de este caso está basada principalmente en (Crease 2003: cap. 8), (Holton 1978) y (Franklin 1997).

En 1907 Robert Millikan inició sus experimentos en torno al electrón. J.J. Thomson en 1897 (un año después que descubriera el electrón) había hecho una estimación de la carga del electrón. Para ello había utilizado la cámara de niebla que desarrollara Wilson<sup>74</sup>. Esta cámara creaba nubes en su interior a través de aire supersaturado. Mediante una fuente radioactiva se generaban iones negativos dentro de la cámara. Alrededor de estos iones se producían condensaciones. Esto le permitía a Thomson medir la carga de la nube midiendo la tasa con la que ésta caía dentro de la cámara. Sin embargo, la carga calculada por Thomson contenía numerosas aproximaciones, entre ellas el tamaño promedio de cada una de las gotas que conformaban la nube, lo que le permitía calcular la cantidad de gotas que conformaban una nube. Suponía también que cada gota era condensada alrededor de un único electrón.

El dispositivo de la cámara fue mejorado incluyendo una placa de metal colocada horizontalmente de tal modo que permitiera crear un campo eléctrico dentro de la cámara. Con esta modificación podían compararse los tiempos de caída por la acción de la gravedad con los de caída por acción del campo eléctrico. En el último caso debían caer más rápido que en el primero. Sin embargo, este método sólo permitía aproximaciones porque las nubes se evaporaban muy rápidamente, y las nubes sucesivas eran muy difíciles de comparar debido a que a menudo eran muy diferentes.

---

<sup>74</sup> La evolución de la cámara de niebla desarrollada originalmente para la “reproducción” de fenómenos meteorológicos, y su continuo re-diseño utilizando nuevos conocimientos teóricos, tales como la manipulación de fenómenos radioactivos, es un interesante capítulo de la relación instrumentos-teorías, y también de cómo un instrumento diseñado para un propósito sirve luego para otros propósitos. Para una historia del desarrollo de la cámara de niebla Cf. (Galison 1989).

Millikan logra mejorar el dispositivo de la cámara de tal modo que puede trabajar con pequeñas gotas y no con nubes de gotas. En esta cámara modificada las gotas cargadas caían a través de un pequeño agujero en la placa horizontal. Luego de pasar esta placa, la gota ingresaba a un área donde podía ser observada a través de un microscopio. Además las variaciones del campo eléctrico generado por la placa permitían manipular los movimientos de las gotas, e inclusive estabilizar las mismas durante algún período de tiempo. Luego de realizar reiteradas veces este experimento notó que la carga necesaria para balancear las gotas era siempre un múltiplo entero de la más pequeña carga que observó en una gota. Esto constituía la primera prueba clara de que la carga eléctrica viene en paquetes, supuesto que siempre había guiado la investigación de Millikan.

En 1909 publica su primer trabajo con los resultados obtenidos mediante la aplicación del dispositivo antes descrito; Millikan lo llamó el “método de la gota balanceada”. En el trabajo el autor incluye su juicio personal acerca de la confiabilidad de los valores de cada una de las 38 gotas observadas, estableciendo un ranking: 2 gotas excelentes, 7 muy buenas, 1 buena, y 13 fuera del ranking.

En 1910 Ehrenhaft, usando equipamiento parecido al de Millikan, pero utilizando pequeñas partículas de metal sostuvo que sus resultados mostraban la existencia de “subelectrones” que tenían un rango de cargas más pequeño que el de Millikan. Además recalculó los datos de Millikan usando las observaciones que el propio Millikan había considerado no confiables, haciendo que estos resultados apoyaran sus conclusiones. Lo que Ehrenhaft y su equipo ponían en tela de juicio es la cuantización de la carga eléctrica.

Para esa misma época Millikan encontró cómo mejorar su experimento. La mayor dificultad del equipo utilizado hasta entonces radicaba en la rapidez con la que las gotas de agua se evaporaban. Entonces utilizó un rociador de pequeñas gotas de aceite.

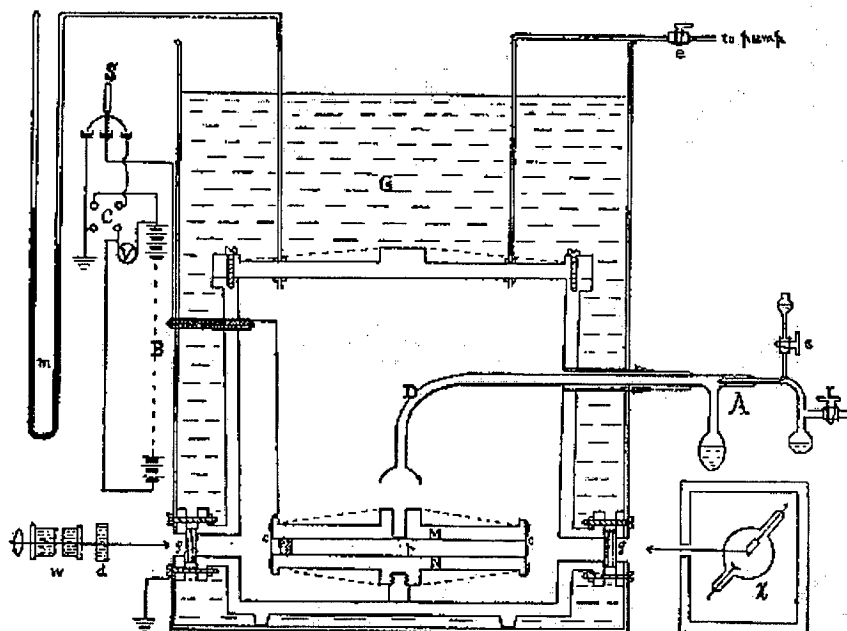


Diagrama realizado por Millikan (Imagen tomada de (Crease 2003: 134))

Este nuevo método le permitía observar las gotas durante una hora o más, debido a que había reducido el problema de la evaporación de las gotas de agua. Antes de cruzar la primera platea de metal la gota cae por efecto de la gravedad. Luego ingresa en un campo eléctrico donde sube y baja a diferentes velocidades según la variación del campo eléctrico. La medición de los tiempos en ambos espacios permite la determinación de la masa y la carga total.

Millikan podía determinar  $e$ , la carga del electrón, a partir de la carga total de la gota y a partir de los cambios en la carga. No solamente estos valores concordaban, sino que los valores promedios obtenidos en diferentes gotas eran los mismos. De este modo, se muestra que cualquier cambio en la carga de una gota es una cantidad definida e invariable de electricidad o un múltiplo entero de esa cantidad. El valor dado para  $e$ , en el trabajo de 1913, es  $4.774 \pm 0.009 \times 10^{-10}$  unidades electrostáticas. En este trabajo Millikan sostuvo que “el valor obtenido provenía de las observación de 58 gotas, que no eran un selecto grupo de gotas sino que representaban todas las gotas observadas durante 60 días consecutivos”.

Las notas de laboratorio muestran que Millikan observó por lo menos 150 gotas durante ese período. La selección de algunas gotas para el cálculo y la publicación, sin mostrar aquellas que fueron descartadas obedece para la mayoría de los historiadores a dos factores (cf. (Franklin 1997), (Holton 1978), (Crease 2003)). Por un lado, sólo utilizó aquellas gotas en las que confiaba que habían sido observadas en condiciones excelentes. Por otro lado, en la fecha en la que publica este artículo ya conoce el tratamiento que Ehrenhaft había dado a sus datos anteriores por lo que sólo publica aquellos altamente confiables. Se han realizado diversos cálculos para mostrar que aún utilizando casi todas las gotas –dejando sólo afuera aquellas para las que Millikan describió graves dificultades en la observación– no se produce una variación sustancial en el resultado obtenido (Cf. (Franklin 1997: 13)).

Sin embargo, el caso de Millikan ha aparecido numerosas veces como un caso de manipulación de datos, o peor aún como un caso de



fraude científico. Esto se ha dado tanto en durante el período en que Millikan recibiera el premio Nobel (1923), como con posterioridad.

¿Cómo obtuvo Ehrenhaft los resultados que obtuvo a partir de los datos de Millikan? En primer lugar, porque utilizó todas las gotas del primer artículo, haciendo caso omiso a la evaluación de confiabilidad de Millikan. En segundo lugar, porque los valores obtenidos utilizaban sus propios datos más los de Millikan.

En relación con estos factores externos resulta muy interesante la reflexión del físico Richard Feynman:

Millikan midió la carga del electrón mediante un experimento de caída de gotitas de aceite y obtuvo un valor que hoy sabemos no era totalmente correcto. Se aparta un poquito del verdadero, porque el valor de la viscosidad del aire era incorrecto. Resulta interesante examinar la historia de las mediciones de la carga del electrón posteriores a la de Millikan. Si uno va representándolas gráficamente en función del tiempo, se observa que cada una es algo mayor que la de Millikan, y la siguiente, un poquito mayor que ésta, y la siguiente, un poquito mayor todavía, hasta que finalmente se estabilizan en un valor más alto que el primitivo.

¿Por qué no se descubrió inmediatamente que el valor correcto era superior al de Millikan? Es una cuestión que avergüenza a los científicos -hablo de la historia ésta - porque salta a la vista que la gente hizo cosas como las que voy a explicar: cuando obtenían un valor que estaba demasiado por encima del de Millikan, pensaban que habían cometido algún error, y buscaban hasta dar con algo que les parecía que pudiera estar mal. En cambio, cuando obtenían un valor más cercano al de Millikan, no examinaban los resultados con tanta minuciosidad. De este modo fueron eliminando los valores que se desviaban demasiado y otras cosas por el estilo. (Feynman 2000: 401)

Llegar a un resultado experimental a través de un experimento supone varias etapas y estrategias, algunas de las cuales ya han sido mostradas en los apartados anteriores y en el caso recién expuesto. Otro aspecto que resulta crucial para ello es la determinación de que los resultados que produce el instrumental utilizado resultan confiables. Si bien no existe un procedimiento generalizable, el modo en que se determina la confianza en los resultados de los instrumentos utilizados supone un conjunto de estrategias epistemológico-metodológicas. Franklin ha llamado calibración de instrumentos a las mismas. La calibración de instrumentos incluye todas aquellas estrategias que hacen confiables los resultados que producen determinados instrumentos<sup>75</sup>. Por ejemplo, si un aparato reproduce fenómenos conocidos, entonces un científico está justificado en su creencia de que el aparato es confiable. Si el aparato es confiable, entonces los resultados que produce durante un experimento están garantizados.

Varios aspectos entran en juego detrás de la confianza en un instrumento, entre ellos la confianza que se tenga en la teoría que sustenta el funcionamiento del instrumento. Sin embargo, los instrumentos suelen permanecer aún bajo el cambio teórico que explica su funcionamiento. Hacking (Hacking 1983/1996) mostró cómo el microscopio óptico permaneció aún cuando la teoría que lo sustentaba cambió radicalmente. Pero también sabemos que “vemos a través de un microscopio”, según Hacking, si la observación que

---

<sup>75</sup> Aquí sólo me interesa destacar las estrategias epistemológico-metodológicas involucradas en la confianza en un instrumento. Sin embargo, existe un planteo más general: por qué creemos en los resultados de un experimento. Más adelante abordaré este planteo.

realizamos puede ser confirmada de modo independiente. Es decir, si un microscopio (o cualquier otro instrumento) sustentado en una teoría diferente nos permite ver lo mismo que vemos a través del primero. El argumento en cuestión es una forma de argumento del nomilagro: sería una coincidencia increíble que dos microscopios basados en teorías diferentes produjeran artificios similares. Finalmente Hacking sostiene que confiamos en que vemos a través de un microscopio también cuando ciertas intervenciones, tales como teñir la muestra, son correlacionadas con lo que vemos.

Esta independencia de los instrumentos frente al cambio teórico también queda de manifiesto en otra característica que comparten técnicas e instrumentos. Algún instrumento, o una técnica particular, son diseñados con determinados fines. Es decir, sirven para determinados propósitos. Sin embargo, un experto en el manejo de esa técnica o instrumento puede utilizarlo para indagar en otro ámbito de fenómenos diferente al ámbito original al cual fueron aplicados. Un buen ejemplo de esta situación, por demás común, fue la utilización por parte de Hans Krebs tanto de técnicas como de instrumentos desarrollados para un tipo de problema en uno diferente.

El fisiólogo alemán Otto Warburg<sup>76</sup> mejoró un instrumento desarrollado a principios del siglo XX, el micromanómetro. Este instrumento permitía medir la cantidad de gases en la sangre. Además ideó una técnica, la de rebanada de tejidos, que permitía estudiar reacciones en las muestras de modo mucho más simple que la técnica de perfusión utilizada hasta el momento. El método de perfusión

---

<sup>76</sup> Mayores detalles de este caso pueden encontrarse en (Holmes 1980 39; Holmes 1991; Holmes 1992).

consistía en insuflación artificial de sangre en los órganos a estudiar, a fin de mantener los mismos en su condición natural. El método de rebanadas de tejido consistía en el corte de láminas del tejido que se quería estudiar, las que se mantenían en un medio que prolongara su conservación. Warburg desarrolló este método para medir la respiración y la glicólisis anaeróbica de las células de cáncer con el fin de determinar las razones de su rápido crecimiento.

Entre 1923 y 1926 Warburg realizó una gran cantidad de experimentos utilizando esta técnica y este instrumento. En 1926 Hans Krebs ingresa al laboratorio de Warburg donde aprende la técnica de las rebanadas de tejido. Contra la opinión de los más destacados científicos de la época, entre ellos el propio Warburg, Krebs decide aplicar la técnica al estudio de procesos metabólicos intermedios. La opinión preponderante era que este tipo de procesos estaba ligado fuertemente a la integridad celular, y la técnica de las rebanadas de tejido no podía garantizarla. Recién en 1930, cuando dispone de un laboratorio para realizar sus propias investigaciones, Krebs puede aplicar esta técnica e instrumento a este ámbito de fenómenos. Esta fue la base que le permitió a Krebs descubrir el ciclo de la urea.

Resulta notable en este caso que para muchos historiadores Krebs pudo hacer el traslado de esta técnica a otro ámbito de fenómenos, así como utilizar ciertas estrategias de búsqueda, que lo llevaron al descubrimiento del ciclo de la urea, debido al escaso conocimiento teórico que tenía.

Otro aspecto importante en torno a la obtención de resultados experimentales es que el desarrollo de métodos experimentales en

diversas disciplinas se ha caracterizado por su tendencia a la estandarización. La estandarización de técnicas y procedimientos es un proceso largo, y difícilmente formalizable a través de reglas que puedan ser explícitamente expresadas. Sin embargo, resulta claro cómo disciplinas incipientes pasan por largos períodos de estandarización de procedimientos, tratamiento de datos, técnicas. Una consecuencia importante de los procesos de estandarización es la repetibilidad de los experimentos. Esta ha sido uno de las características que clásicamente se ha mostrado como la base de la credibilidad de los resultados experimentales.

Sin embargo, establecer qué es la repetibilidad, y si ésta es una condición necesaria para la credibilidad de un resultado experimental, presenta serias dificultades cuando quiere aplicarse a algunos casos particulares.

La repetibilidad puede significar diferentes cosas según cómo se responda a la pregunta: ¿repetibilidad de qué? Radder (1992) distingue tres tipos de repetibilidad:

- (1) La reproducibilidad de un experimento bajo una interpretación teórica fija. En este caso tratamos con la exacta repetibilidad del experimento desde el punto de vista de la interpretación teórica en cuestión.
- (2) Reproducibilidad del resultado de un experimento. En este caso hablamos de replicabilidad del resultado experimental, diferentes procedimientos materiales para obtener el mismo resultado experimental. Una reproducción exitosa bajo una interpretación fijada o una replicación exitosa de un resultado implica que las personas acuerdan con la

corrección o la verdad de la interpretación o del resultado en cuestión.

- (3) Reproducibilidad de la realización material de un experimento. La reproducción de la realización material de un experimento no requiere de una creencia compartida en la corrección de una interpretación específica. Cf. (Radder 1992: 64-65)

En el primer caso se reproduce la realización material del experimento, en el segundo el resultado experimental, y en el tercero todo el proceso desde una particular perspectiva teórica.

¿Cuál de ellos es el estándar de repetibilidad? Cada uno de ellos, dependiendo del contexto. Poder repetir el resultado de un experimento (2) por otros medios aumenta el grado de confianza en el resultado del experimento, así como también si se trata de un caso de confirmación de una hipótesis teórica la diversidad de fuentes aumenta el grado de confirmación<sup>77</sup>.

✓ Poder reproducir el proceso material de un experimento (3) ha resultado importante cuando el resultado de un experimento resulta sorprendente o aún en casos históricos donde podía presumirse que los experimentos no habían sido realizados. En el caso de Galileo, ha habido diversos intentos de reproducir el proceso material seguido por él del modo más fiel posible. El proyecto más conocido, aunque no el único, es el Stillman Drake. En este caso se intentó mostrar, contra la historiografía racionalista o contra aquella que presentaba un Galileo

---

<sup>77</sup> Tal como mostré en el capítulo IV, algunas teorías de la confirmación científica, por ejemplo la confirmación *bootstrap* de Glymour (Glymour 1980), han hecho hincapié en este aspecto de confirmación, evidencia proveniente de fuentes diversas aumenta el grado de confirmación respecto a gran cantidad de evidencia proveniente de la misma fuente.

propagandista, que los resultados que presentaba Galileo eran efectivamente resultados alcanzables a través de los experimentos que describía.

La diferencia de (1) con (2) y (3) es fundamentalmente intencional, depende del objetivo de la reproducción.

Ahora bien, con este planteo se vuelven superfluas algunas discusiones respecto a que, estrictamente hablando, nunca repetimos experimentos, sino que aquello que hacemos es “mejorar” un experimento. Ese experimento mejorado cae en alguna de las categorías anteriores.

La repetibilidad de los experimentos ha contado como un estándar muy importante porque es una de las garantías de la intersubjetividad y la objetividad de los resultados. ¿Qué sucede entonces cuando algunos experimentos no son repetibles, ya sea porque la complejidad y el costo de su diseño hace prácticamente imposible su repetición, ya sea porque el tipo de eventos necesarios para realizar su repetición hacen teóricamente casi imposible realizar una repetición del mismo?. En ese caso toda la carga epistemológica acerca de la credibilidad del resultado recae sobre otros mecanismos que permiten confiar en el resultado de un experimento.

Existe otra cara de los experimentos que el estándar de repetibilidad intenta minimizar en su impacto. Los procedimientos mediante los cuales se lleva adelante un experimento, y se justifica su resultado como un resultado genuino, involucran diversos controles metodológicos. Pero hay involucrado además un conocimiento y una habilidad del experimentador que no puede ser formalizable bajo ningún conjunto de reglas; es el tipo de habilidades que tiene el

observador que “sabe observar”, el experimentador que puede hacer que los instrumentos funcionen y el conjunto del aparato experimental funcione. Es un tipo de conocimiento que no está directamente vinculado al conocimiento teórico. Pero que resulta imprescindible para llevar adelante algunos experimentos exitosos. Se podría llamar a esto habilidad manipulativa, habilidades que están guiadas por el conocimiento teórico y las reglas explícitas pero que no están determinados por ellos. La tendencia hacia la estandarización de los procedimientos experimentales tiene también como finalidad hacer que a los experimentos menos dependientes de las habilidades de individuos específicos.

Una de las perspectivas con que la presenté a los diseños experimentales fue en términos de objetivos, a su vez también mostré una clasificación de los experimentos basada en los objetivos planeados. Sin embargo, muchos experimentos que han tenido una incidencia importante en la dinámica de la ciencia han sido aquellos experimentos que plantean discrepancias entre los resultados esperados y los resultados obtenidos. La novedad que produce un experimento de este tipo ha sido muchas veces el motor para generar nuevos diseños experimentales, y fundamentalmente para generar nuevos conceptos y teorías. El elemento sorprendente de la abducción, que presenté en el capítulo III, puede provenir de experimentos. Una aplicación de este elemento sorprendente como estrategia experimental, puede verse en el programa de simulación KEKADA que será presentado con algún detalle en el próximo capítulo.

Antes de pasar de datos a interpretación quisiera plantear un problema que tomó el nombre y la forma actual a partir de los trabajos



de Collins (1975; 1985), y que se conoce con el nombre de ‘regreso del experimentador’. Collins sostiene que:

“el *regreso del experimentador* ... es una paradoja que se produce para aquellos que usan la replicación como un test de la verdad de las afirmaciones del conocimiento científico. El problema es que, puesto que la experimentación es un problema de habilidades prácticas, nunca puede estar claro si un segundo experimento que ha sido realizado suficientemente bien cuenta para chequear los resultados del primero. Algún test adicional es necesario para testear la calidad del experimento –y así sucesivamente. (Collins 1985: 2)

También presenta una variante de este argumento aplicado a los instrumentos, y en particular al caso de la detección de ondas gravitacionales –caso en torno al cual gira el libro en cuestión:

Lo que es un resultado correcto depende de que haya ondas gravitacionales que golpeen en la tierra en flujos detectables. Para encontrarlas debemos construir un buen detector de ondas gravitacionales. Pero no sabremos si hemos construido un buen detector hasta que lo usemos y obtengamos el resultado correcto! (Collins 1985: 84)

También se pueden encontrar otras variantes del argumento en cuestión, pero todas ellas atacan fundamentalmente la posibilidad de construir un concepto de evidencia. Collins sólo encuentra una manera de romper el círculo, las convenciones y los intereses sociales. Por razones no epistémicas, un dato es considerado relevante para un cuerpo teórico, o permite decidir entre diversas explicaciones teóricas, o “simplemente” se considera que el resultado de un experimento es un resultado confiable. Podría sostenerse que ésta es una nueva variante del clásico argumento del escéptico. De hecho Godin – Gingras (2002) han llevado bastante lejos esta similitud mostrando un paralelismo entre los argumentos de Collins y los argumentos del escepticismo clásico.

De alguna manera los trabajos ya citados Pickering y Gooding son una ejemplificación de la idea de Collins, aunque con un nivel de acercamiento a las prácticas experimentales que hace más complejo el argumento. Pickering, por ejemplo, sostiene que en cualquier hecho experimental hay tres elementos que entran en juego, un *procedimiento material*, un *modelo instrumental* y un *modelo de fenómenos*. (Pickering 1989). El primero incluye la configuración, el funcionamiento y el monitoreo del experimento<sup>78</sup>. El segundo elemento, el modelo instrumental, se refiere al conocimiento de cómo funciona el instrumento. Finalmente, el tercer elemento, el modelo de fenómenos, incluye el conocimiento de cualquier aspecto del mundo fenoménico bajo investigación<sup>79</sup>.

Pickering sostiene que cuando se produce un resultado experimental se da una relación de coherencia entre estos elementos. Esta relación se muestra en el modo en cada uno de estos elementos refuerza al otro. Esta relación es posible porque cada uno de estos recursos posee una *plasticidad* que permite el mutuo ajuste. Es esta plasticidad la que hace aparecer la estabilidad en los hechos de laboratorio. Pero esta coherencia que la plasticidad de los recursos permite es, para Pickering, una mera contingencia. La coherencia se logra a través de la estabilización de ciertas prácticas sociales. “Vivir

---

<sup>78</sup> Pickering en realidad habla de la configuración, el funcionamiento y el monitoreo del aparato [apparatus] experimental. “Aparato” es la misma palabra que usa para el objeto acerca del cual versa el modelo instrumental [instrumental model]. Sin embargo, creo que distinguir entre funcionamiento del experimento en tanto hecho material y el conocimiento acerca de los instrumentos deja más clara la idea que creo intenta defender Pickering. En este sentido resulta interesante la taxonomía de Hacking que presentaré a continuación.

<sup>79</sup> El uso de “modelo” por parte de Pickering es bastante liberar y no debe asociarse con alguna tradición particular en filosofía de la ciencia.

en un mundo material” es finalmente vivir en un mundo de convenciones e intereses socialmente determinado. El círculo de Collins tiene más nodos que recorrer, pero el proceso finalmente es el mismo.

Hacking (1992/1999) parece presentar un argumento similar. En este trabajo presenta una clasificación de los elementos que intervienen en un experimento. Su clasificación tiene además la función de mostrar cómo es el proceso de “autojustificación” de las ciencias de laboratorio. Esta clasificación también es tripartita, ideas, cosas, y marcas y manipulaciones de marcas. Las *ideas* incluyen las *preguntas* que originan un experimento y las que se responden con el resultado de un experimento, el *conocimiento de fondo*, la *teoría sistemática* que generalmente es una teoría de alto nivel, las *hipótesis tópicas* que incluyen los procedimientos de aproximación y modelización (en el sentido de Carwright (1983)), así como lo que Kuhn (1962/1971) denominó articulación, y el *modelado de aparatos* que incluye el conocimiento teórico acerca de cómo funcionan los instrumentos y equipos. Las *cosas* incluyen la *diana* o material del experimento, las *fuentes de modificación* con las que se interfiere en el material, los *detectores* mediante los que se mide el resultado de la interferencia o modificación de la diana, las *herramientas* que incluye cualquier aparato que generalmente no se relaciona directamente con la disciplina del experimento y los *generadores de datos*. Finalmente las *marcas y la manipulación de marcas* incluye los *datos* que el generador produce, la *evaluación de esos datos* como la evaluación del error sistemático o el cálculo del error probable, la *reducción de datos* por las que grandes cantidades de datos numéricos se vuelven manejables, el *análisis de datos* que incluye algunos rasgos

interpretativos y finalmente la *interpretación de los datos* a la luz de los conocimientos teóricos enumerados en ideas. (Hacking 1992/1999: 229-235)

La estabilidad que muestran las ciencias maduras de laboratorio es, desde esta perspectiva, producto de mutuo ajuste entre todos estos elementos. No todo experimento tiene cada uno de estos tres elementos, el modo en que ellos interactúan es lo que Hacking llama la tesis de Duhem generalizada. Este mutuo ajuste se parece bastante al círculo de Collins y a la idea de coherencia Pickering. La diferencia principal radica, además de ser una taxonomía más completa, en que el círculo no se rompe por medio de factores sociales o institucionales. Pero la idea de autojustificación de Hacking tampoco implica ningún compromiso con alguna forma de relación con la naturaleza que garantice la verdad o la objetividad. Desde esta perspectiva no sería entonces tampoco una manera de salir del círculo a través de argumentos epistemológicos. Los candidatos a la verdad son establecidos por el estilo de razonamiento, tal como presenté en el capítulo anterior, y también presentan una cierta forma de circularidad. Una consecuencia de esta idea de Hacking es su conocida oposición al realismo en su versión clásica<sup>80</sup>.

---

<sup>80</sup> Hacking defiende un tipo de realismo de entidades, a través del cual creemos en aquellas entidades con las que podemos manipular otras entidades.

#### 4. Interpretación

Otro ejemplo, el experimento de Michelson, me ayudará a presentar algunos aspectos relevantes de la interpretación de los resultados experimentales.

A finales del siglo XIX, la teoría ondulatoria de la luz concebía a ésta como una vibración transversal en un medio universal, el *éter*. Este último debía tener dos propiedades fundamentales: ser penetrable por la materia y permanecer estacionario.

El problema era entonces encontrar una confirmación experimental de la hipótesis del *éter*. Sin embargo, poder llevar adelante un experimento de este tipo requería detectar un efecto de segundo orden, muy pequeño: la velocidad de la luz debería ser afectada por la 'corriente de *éter*' (movimiento relativo tierra-*éter*). La hazaña del experimento llevado adelante por Michelson en 1881 consiste en haber diseñado un dispositivo que permitiría medir un factor tan pequeño como  $10^{-8}$ . La idea en la que se apoya el experimento había sido sugerida por Maxwell en 1878, aunque creía que resultaba impracticable.

El diseño de Michelson consistía, a grandes rasgos, en que dos rayos de luz, provenientes de una misma fuente, realicen simultáneamente un recorrido de ida y vuelta de igual longitud formando un ángulo de  $90^\circ$ . Fue el interferómetro de Michelson el que permitió llevar la idea adelante, pues al reunir los dos rayos, la comparación de las figuras de interferencia permitiría establecer la velocidad de la tierra respecto del *éter* estacionario. La ejecución del experimento requirió diversos ajustes para evitar que otros factores

cambiaran las bandas de interferencia: por ejemplo, los espejos se montaron flotando sobre un baño de mercurio.

Sin embargo, sorpresivamente para todos, incluso para el propio Michelson, el resultado del experimento fue nulo. Dentro de los límites del error experimental, el experimento no mostró el movimiento de la tierra respecto del éter, o por lo menos no mostró que el éter tenga la propiedad de ser estacionario.

Interpretar este experimento resultó un problema en diversos niveles. En primer lugar había que comprender adecuadamente el funcionamiento del dispositivo. Esto llevó a largos debates y a una serie de correcciones respecto a cómo debía entenderse el experimento, con independencia de que el resultado fuera negativo para la teoría del éter. Tan largos fueron los debates que aún en 1927 persistía la discusión respecto a cómo funcionaba el interferómetro de Michelson. Por ejemplo, en 1982 Alfred Potier señala un error en el informe original de Michelson, porque éste había despreciado el efecto del movimiento de la tierra sobre el recorrido de la luz en el brazo del interferómetro que forma ángulo recto con la dirección del movimiento.

Además de comprender el funcionamiento del experimento, el problema estaba en cómo debía interpretarse el resultado nulo del experimento respecto a las teorías vigentes. Diversos intentos para explicar el resultado sosteniendo la teoría del éter, llevaron a que Michelson realizara nuevamente el experimento en 1887 con la ayuda de Morley haciendo variar otros parámetros, como la diferencia de altura y la época del año en la que se realizaban las mediciones.

¿Es este un experimento crucial? ¿Es un experimento que fue la génesis de una nueva teoría, e.g. la teoría de la relatividad? Responder acabadamente a estas preguntas excede largamente las posibilidades de este trabajo. La literatura histórica y filosófica ha dedicado mucho análisis a ambos puntos y especialmente al segundo<sup>81</sup>. Desde la perspectiva del rol de los experimentos puede afirmarse que el experimento es crucial en un sentido laxo de la palabra. No fue realizado para poner a prueba dos teorías, sino para realizar una medición que confirmaría un marco teórico. El resultado fue nulo, lo que obligó a revisar el experimento, su resultado y el marco teórico. Sin embargo, el resultado experimental permaneció como tal frente al cambio teórico. El diseño fue generado en el marco de la teoría del éter, pero su resultado fue reinterpretado frente al cambio teórico. El instrumental generado en el marco de ese experimento también permaneció frente al cambio de teoría. (Holton 1969/1980)

## 5. Contextos, estilos y ambientes

Un aspecto interesante de la diferencia entre experimentación y teoría es analizarla en términos de estilos y culturas. Algunas primeras aproximaciones a esta temática han sido realizadas en términos sociológicos. En los que sigue presentaré un caso histórico clásico mediante una reconstrucción que atiende especialmente a los estilos.

---

<sup>81</sup> Gran parte de la discusión está focalizada en si la relatividad de Einstein fue originada como un intento de explicar el resultado sorprendente de este experimento. Cf. (Holton 1969/1980).

La mayor parte de los trabajos históricos ha visto a la disputa entre Dalton y Gay Lussac de la siguiente manera. Dalton sentó las *bases teóricas* para la nueva química. Gay Lussac logró una *regularidad experimental*, su *Ley de Combinación de Volúmenes de Gases*. Pero fue necesario un desarrollo más profundo de la teoría para que pudiera ser explicada la regularidad experimental. Se necesitaron nuevas herramientas teóricas, así como nuevos resultados experimentales para que la ley de Gay Lussac recibiera su explicación teórica. Desde esta perspectiva el razonamiento de Dalton, para el rechazo de la regularidad encontrada por Gay Lussac, obedece a la precariedad de la teoría que tenía en sus manos, a pesar de que ya poseía los ‘gérmenes de la verdad’. Otra parte de la historiografía encuentra que los principios y reglas de Dalton no podrían encontrar reconciliación con la ley de Gay Lussac (así como con otras regularidades o principios teóricos), ya que, si bien Dalton había sentado las bases para el desarrollo de la química atómica contemporánea, basaba sus razonamientos para negar la regularidad de Gay Lussac en errores sistemáticos. Aunque cabe destacar que en general, la polémica y los argumentos de Dalton no han sido tenidos demasiado en cuenta.

Los principios generales de la teoría atómica de Dalton fueron conocidos a través de algunas conferencias y publicaciones entre 1803 y 1807. Pero la teoría alcanzó su mayor popularidad con la publicación del tercer volumen de la tercera edición del libro de Thomson *System of Chemistry* en 1807. Recién en 1808 aparece la primera parte de *New System of Chemical Philosophy* de Dalton y en 1810 la segunda parte, donde se halla una exposición más detallada de su teoría atómica.



Trataré de exponer lo que podríamos considerar los principios básicos o fundamentales del atomismo de Dalton<sup>82</sup>:

a) Dalton, fuertemente influenciado por el corpuscularismo newtoniano, sostiene que las sustancias están formadas por átomos (en su sentido griego de partículas últimas indivisibles). Cuando dos sustancias se unen se debe suponer que un átomo de una sustancia se une con un átomo de la otra sustancia. Dicho de otra manera, las combinaciones químicas representan una unión átomo a átomo.

b) Todos los átomos de un mismo elemento son iguales, tanto en tamaño como en peso, aunque no lo son con respecto a los átomos de otros elementos. Los átomos son indestructibles y preservan su identidad en todas las combinaciones químicas. La base para esta suposición se hallaba en sus estudios sobre los gases atmosféricos.

c) Se establece una serie de reglas para la proporción en la combinación de sustancias. La mayoría de ellas basadas en principios de simplicidad (debe notarse que la simplicidad es de la regla y no siempre del producto de su aplicación).<sup>83</sup>

---

<sup>82</sup> La de Dalton no es la única teoría atómica química de la época. Una de las características más sobresalientes de la teoría de Dalton es que sienta nuevas bases para tratar un problema que lo antecede, el de la composición de las sustancias (en lenguaje más contemporáneo, las fórmulas moleculares de las sustancias) y que ocupará a los químicos hasta por lo menos 1860.

<sup>83</sup> La regla más importante es la regla que se conoce como *regla de mayor simplicidad*. Ésta establece la manera en que se unen dos átomos de diferentes elementos para formar compuestos. Dalton no hace explícitas las bases para esta regla, ni ningún estudio las ha podido establecer, más allá de criterios 'arbitrarios' de simplicidad y simetría. La regla no fue muy aceptada, ni siquiera por el mismo Thomson, ya que su aplicación producía numerosos casos que parecían absolutamente contrarios a lo que de hecho sucedía en la naturaleza.

En 1808 (año de la publicación de la tercera edición del libro de Thomson) Gay Lussac descubrió la *Ley de Combinación de Volúmenes de Gases* y un año después la publicó. Su ley dice que las combinaciones químicas entre gases se realizan siempre entre volúmenes en razón simple entre sí, y el compuesto que se forma, si está en estado gaseoso, tiene también un volumen en razón simple con los gases componentes. (Obviamente los gases deben considerarse a la misma temperatura y presión o reducirse mediante cálculo).

Esta ley podría servir como criterio para establecer las fórmulas moleculares (y en consecuencia los pesos atómicos). Este sería un criterio más fuerte y eficaz a la luz de la arbitrariedad de la regla de mayor simplicidad de Dalton. Más aún, en un párrafo casi hacia el final de sus *Memoir on the Combination of Gaseous Substances with Each Other* (1809), Gay Lussac afirma que sus resultados pueden ser favorables a la ingeniosa teoría de Dalton. Este es un punto destacable, ya que Gay Lussac trabajaba en colaboración muy estrecha con Berthollet, el anti-atomista más acérrimo de la época, y de hecho publicó sus resultados en *Mémoires de la Société d' Arcueil* una publicación en la que Berthollet ejercía su más fuerte influencia.

Hacia finales de 1809, Dalton, en un apéndice de la segunda parte de su *New System of Chemical Philosophy*, hace explícito su rechazo de los resultados de Gay Lussac. Dalton sostuvo que los resultados de Gay Lussac, interpretados desde su teoría atómica sugerían que volúmenes iguales de gases diferentes debían contener el mismo número de átomos. Esto era insostenible desde su propio punto de vista y podría desglosarse en los siguientes argumentos puntuales:

- Existen reacciones donde el volumen del producto excede el volumen de al menos uno de los gases que intervienen en la reacción.

Si se acepta que en volúmenes iguales existe igual número de partículas entonces debe aceptarse que las partículas deben dividirse, lo que resulta absolutamente contrario a los principios básicos del atomismo de Dalton<sup>84</sup>. Este era uno de los principios más importantes para él.

- Dalton ataca, además el procedimiento de Gay Lussac, por el que no habría encontrado, según Dalton, más que una aproximación, que tomada 'exactamente' no sería una ley. Esta crítica es un tanto curiosa, ya que por un lado Gay Lussac era un reconocido experimentalista, y por el otro utilizó el procedimiento de aproximación que el propio Dalton había utilizado en numerosas ocasiones. Gran parte de los datos que utilizó Gay Lussac habían sido obtenidos por otros químicos, datos que el mismo Dalton también había utilizado. Puede afirmarse, además, que los resultados experimentales estaban dentro de los márgenes de error de la época.

La disputa vista con la perspectiva de los desarrollos posteriores en química no resulta demasiado relevante, ya que poco tiempo después, con los resultados de Avogadro y los desarrollos de la química hasta Cannizzaro (1860) la solución aparece con bastante claridad.

La ley de Gay Lussac puede ser considerada una generalización de datos empíricos. Los datos en los que esta generalización se basa

---

<sup>84</sup>El ejemplo de Dalton es el siguiente. Si se unen iguales cantidades de nitrógeno y oxígeno en estado gaseoso, y la unión es de tipo químico, deberían formarse -bajo la interpretación que Dalton hace la ley de Gay Lussac- dos volúmenes del producto, teniendo el mismo peso que las medidas originales; pero el número de partículas sería a lo sumo la mitad que antes de la unión. De lo que Dalton extrae la conclusión de que ningún fluido elástico tiene, probablemente, el mismo número de partículas, ya sea en el mismo volumen o en el mismo peso.

fueron generados por él mismo, o por otros y convertidos a volúmenes mediante cálculos<sup>85</sup>. Estos datos también fueron utilizados por Dalton. En este contexto, ¿no hubiera sido más racional para Dalton abandonar la propia teoría, en lugar de rechazar la generalización?

Dalton se muestra en esta discusión como un ejemplo paradigmático de la mentalidad de un teórico. Lo que le resulta inadmisibles a Dalton es tirar por la ventana principios teóricos que le permitieron armar un modelo. En el aparato conceptual coherente que intenta armar Dalton lo que es incoherente es una regularidad empírica como la de Gay Lussac. Lo que hace Dalton es rechazar la regularidad empírica y quedarse con el aparato conceptual. Por otra parte no es posible encontrar en *Memoir* un marco teórico para la regularidad encontrada.

Casos como éstos abundan en la historia de la ciencia. Éste es particularmente ilustrativo, debido a la simplicidad que encierra un ejemplo en una disciplina en etapas tempranas de su desarrollo. A medida que una disciplina se halla más desarrollada existen numerosos factores adicionales para tener en cuenta, tales como el rol de los modelos, la compleja interdependencia de los instrumentos de medición respecto de las teorías, etc.. Sin embargo, aún dentro de estos casos más complejos es posible detectar científicos, y aún comunidades científicas, que actúan con pautas como las expuestas. De hecho, la historia del desarrollo científico le debe a ambos tipos de mentalidades.

---

<sup>85</sup>Es interesante destacar aquí que Gay Lussac pertenecía a una tradición en la que se privilegiaban los volúmenes, mientras que Dalton privilegiaba los pesos.

Finalmente, no quisiera dejar de mencionar un aspecto de la dinámica de la ciencia contemporánea que tiene impacto sobre las metodologías de trabajo, los contextos en ciencia, la creatividad científica, entre otras cosas, y que contrasta fuertemente con el ejemplo anterior. Me estoy refiriendo a lo que comúnmente se denomina “*big science*”. Este concepto hace mención a que gran parte de la ciencia contemporánea se articula a través de grandes proyectos de investigación, en los que participan grandes cantidades de investigadores, presupuestos millonarios, en numerosos casos científicos y técnicos de disciplinas diferentes. Un buen ejemplo de *big science* es el proyecto Genoma Humano, en el que se coordinó el trabajo simultáneo en numerosos grandes laboratorios.

El análisis de este fenómeno ha tenido fundamentalmente un interés fuertemente sociológico. Sin embargo, en la actualidad comienzan a realizarse análisis con algún sesgo más cognitivo, aunque aún de un modo muy incipiente. Parte de los trabajos que ya he citado de Peter Galison tienen un interés más metodológico, aunque todavía en un marco fuertemente sociológico.

La exploración de los tópicos realizada hasta aquí está muy lejos de ser exhaustiva. Podrían enumerarse muchos aspectos que por diversas razones no se encuentran en este capítulo, por ejemplo los límites de la experimentación (éticos, materiales y teóricos), la causalidad y la experimentación, entre muchos otros. Sin embargo, espero que la variedad de aspectos que he señalado muestren la importancia que prácticas experimentales deben tener dentro de la filosofía de la ciencia.

## **VII. Aproximación a los experimentos imaginarios y las simulaciones computacionales**

Bajo el rótulo de ‘actividad experimental’ o ‘prácticas experimentales’ se engloba una gran diversidad de actividades. El capítulo anterior de alguna manera mostró parte esa diversidad. Este capítulo pretende poner algún orden desde una perspectiva un tanto particular, qué hay en el camino que va de teorías a experimentos o de experimentos a teorías. El capítulo no tratará acerca de las diferentes formas en que puede transitarse ese camino –como por ejemplo, las inferencias que pueden llevarnos de experimentos a teorías, algunos aspectos fueron mostrados en el capítulo III. Aquí mostraré dos tipos de actividades que podrían considerarse experimentales, o si se quiere ser más cauteloso, que tienen algún componente experimental: los experimentos imaginarios, las simulaciones computacionales.

En este capítulo se analizará cada una estas actividades, atendiendo especialmente a los problemas metodológicos y epistemológicos que cada una de ellas suscita. Este análisis tendrá a su vez dos objetivos más generales. En primer lugar intentaré mostrar

que teoría — experimento imaginario — simulación computacional — experimento real constituye una gradación bastante natural. En segundo lugar, y sin negar la afirmación anterior, sostendré que cada una de estas actividades muestra aspectos que rompen parcialmente con la gradación anterior. Es decir, en cada una de estas actividades hay aspectos y funciones que pueden hacerlas aparecer más cerca de nuestras representaciones del mundo o más cerca de las intervenciones que realizamos en él.

### 1. Experimentos imaginarios

Los experimentos imaginarios se realizan en el laboratorio de la mente. Más allá de esta metáfora es difícil saber exactamente lo que son.

Los reconocemos cuando los vemos: son visualizables; invocan manipulaciones mentales; no son meramente la consecuencia de un cálculo teórico; a menudo (aunque no siempre) son imposibles de implementar como experimentos reales ya sea por falta de tecnología necesaria o porque son simplemente imposibles en principio.

(Brown 1991a: 1)

Los experimentos imaginarios forman parte de la vida filosófica y científica por lo menos desde la antigua Grecia. Es posible encontrar experimentos imaginarios en Platón, Aristóteles, en buena parte de la filosofía natural medieval, dentro de la filosofía más contemporánea podrían considerarse experimentos imaginarios ‘cerebros en una cubeta’ de Putnam, la habitación china de Searle, el test de Turing. Se podrían citar también famosos ejemplos de ciencia moderna y contemporánea como los muy discutidos experimentos

imaginarios de Galileo sobre la caída de los cuerpos o contra la física aristotélica, los experimentos de Darwin, Einstein y muchos otros<sup>86</sup>.

Esta variedad de ámbitos disciplinares, así como la diversidad de períodos en los que es posible detectar experimentos imaginarios, ha generado reflexiones sobre lo que hoy llamamos experimentos imaginarios desde por lo menos el medioevo<sup>87</sup>. Sin embargo, dentro de la filosofía de la ciencia contemporánea hasta hace poco tiempo no habían sido muchos los análisis epistemológicos de experimentos imaginarios. En este apartado me concentraré en las reflexiones que se han brindado a partir del siglo XX, aunque dejaré casi totalmente de lado las interpretaciones que se han ofrecido sobre los experimentos imaginarios en filosofía<sup>88</sup>. En la primera parte de esta sección se presentarán las principales interpretaciones sobre el rol y la naturaleza de los experimentos imaginarios. En la segunda parte, discutiré esas posiciones en el marco general de este capítulo.

Los experimentos imaginarios han recibido diversos nombres en la historia de la filosofía, *Gedankenexperimente* a partir de Mach, experimentos mentales. El español tiene una diversidad mayor de nombres pues cada traducción ha intentado enfatizar diferentes rasgos de esta actividad, al punto que existen traducciones que hablan de experimentos pensados. Si bien la filosofía de la ciencia

---

<sup>86</sup> En Horowitz – Massey (1991) puede verse una amplia variedad de interpretaciones y de ámbitos de uso de experimentos imaginarios.

<sup>87</sup> Algunos argumentos del tipo *secundum imaginationem* podrían considerarse experimentos imaginarios. Cf. (Grant 1971).

<sup>88</sup> Sobre los experimentos imaginarios dentro del ámbito de la filosofía hay una abundante literatura generada desde la filosofía de la mente, y en especial en torno al problema de la identidad personal. Cf. (Sorensen 1992), (Glender 2002b), además de la compilación ya citada (Horowitz & Massey 1991).



contemporánea adjudica en general a Mach haber acuñado el nombre de *Gedankenexperimente*, se han rastreado usos anteriores de la expresión en Ørsted a principios del siglo XIX. De cualquier forma, la actividad es sin dudas bastante más antigua que su nombre.

### *1.1. Un ejemplo clásico*

Antes de presentar diferentes interpretaciones acerca del rol y la naturaleza de los experimentos imaginarios en ciencia voy a presentar un ejemplo clásico. Elegí este ejemplo porque con él puede recorrerse la mayoría de las interpretaciones y porque puede presentarse de un modo relativamente sencillo.

La obra de Galileo contiene muchos experimentos imaginarios, y también muchos experimentos acerca de los cuales se ha discutido si son experimentos efectivamente realizados por Galileo, o si son en realidad experimentos imaginarios (Cf., por ejemplo, (Koyré 1960/1977b))<sup>89</sup>. Galileo en su *Consideraciones y demostraciones matemáticas acerca de dos nuevas ciencias* (1628) expone un experimento imaginario para mostrar algunos problemas de la teoría aristotélica del movimiento, particularmente en lo que respecta a la velocidad de los cuerpos en caída libre en relación con la naturaleza y las dimensiones de los cuerpos. Téngase presente que este

---

<sup>89</sup> A los ejemplos los presentaré aquí de un modo bastante esquemático. El uso que haré de los mismos será conceptual. Los análisis más respetuosos del caso histórico en general ya han elegido alguna interpretación general acerca de la función y la naturaleza de los experimentos imaginarios. Esto no significa que haya tomado una posición respecto de un privilegio de la filosofía sobre la historia de la ciencia. Sólo que en este punto, y a los fines de la argumentación de este capítulo, será suficiente mostrar de un modo más o menos esquemático los ejemplos en cuestión.

experimento se da en el marco de una discusión acerca de la existencia del vacío. Presentaré en las propias palabras de Galileo el experimento en cuestión:

SALV[IATI]. Sin recurrir a otras experiencias, podremos probar claramente, sin embargo, con una demostración breve y concluyente, que no es verdad que un móvil más pesado se mueva a más velocidad que un móvil más liviano, con tal de que ambos sean de la misma materia, como es el caso, sin duda, de aquellos de los que habla Aristóteles. Pero decidme antes, señor Simplicio, si admitís que a todo cuerpo pesado en caída libre le corresponda una velocidad determinada, de modo tal que no se pueda aumentar o disminuir a no ser que le hagamos violencia o le pongamos alguna resistencia.

SIMP[LICIO]. Está fuera de toda duda que el mismo móvil en el mismo medio tiene una velocidad reglamentada y determinada por la naturaleza, la cual no podrá aumentarse a no ser por un impulso [*impeto*] nuevo ni disminuirse si no es recurriendo a algo que la obstaculice y la retarde.

SALV. Entonces, si nosotros tuviéramos dos móviles, cuyas velocidades naturales fuesen distintas, es evidente que si uniésemos ambos, el más rápido perdería velocidad por obra del más lento, mientras que éste aceleraría debido al más rápido. ¿Estáis de acuerdo con lo que acabo de decir?

SIMP. Me parece que las cosas deben, ciertamente, suceder así.

SALV. Pero si esto es así, y si es verdad, por otro lado, que una piedra grande se mueve, por ejemplo, con una velocidad de ocho grados y una piedra pequeña, con una velocidad de cuatro, si las unimos, el resultado de ambas, según lo dicho, será inferior a ocho grados de velocidad. Ahora bien, las dos piedras juntas dan por resultado una más grande que la primera que se movía con ocho grados de velocidad; de lo que se sigue que tal compuesto se moverá a más velocidad que la primera de las piedras sola, lo cual contradice vuestra hipótesis. Veis, pues, cómo suponiendo que el móvil más pesado se mueve

a más velocidad que el que pesa menos, concluyo que el más pesado se mueve a menos velocidad. (Galilei 1628/1996: §107-108)

Galileo pretende mostrar la dificultad de sostener la tesis aristotélica por la que la velocidad natural de un cuerpo más pesado, en caída libre, es mayor que la de un cuerpo más liviano. Es decir, que las velocidades de los cuerpos en caída libre son proporcionales a sus pesos. Luego también atacará Galileo la afirmación aristotélica de que la velocidad en caída libre es inversamente proporcional a la resistencia de los medios. En los próximos apartados diré algo más sobre este experimento.

### ***1.2. Interpretaciones de los experimentos imaginarios***

¿Puede un experimento imaginario producir conocimiento nuevo? ¿Cuál es la función de los experimentos imaginarios? ¿Cuál es la relación de los experimentos imaginarios con los experimentos reales? Las diferentes respuestas a estos interrogantes han dado origen a la diversidad de interpretaciones que presentaré a continuación.

Existen tres trabajos clásicos sobre la temática, Mach (1897/1948), Kuhn (1964/1982) y las obras de Koyré (1960/1977b), (1980c). También resulta interesante la perspectiva de Duhem en *The Aim and Structure of Physical Theory* (1906/1982: especialmente 200-205). Aquí Duhem niega que los experimentos imaginarios, a los que llama *expériences fictives*, tengan algún rol interesante en ciencia.

Sin embargo, además de los trabajos recién citados no hay mucha más investigación hasta la década de 1990. Allí la discusión toma múltiples formas, se discuten los experimentos imaginarios en

ciencia y en filosofía, se analizan los experimentos imaginarios desde perspectivas cognitivas y se comparan los experimentos imaginarios no sólo con los experimentos reales y con la creación de modelos teóricos, sino también con otras formas de conocimiento. Pero la discusión más fuerte a partir de ese momento gira en torno a si los experimentos imaginarios pueden o no reducirse a argumentos.

### *1.2.1. Los experimentos mentales de Mach<sup>90</sup>*

Mach publicó en 1897 como parte de *Conocimiento y Error* (1897/1948) “La Experimentación Mental” [Gedankenexperimente]. Este artículo, que puede resultar un tanto simple o ingenuo en un principio, contiene ya todos los elementos necesarios para comprender la discusión posterior en torno a esta temática. Dos aspectos del texto contribuyen a esa sensación de excesiva simplicidad o ingenuidad, el lenguaje utilizado y el esquematismo con el que se tratan los casos históricos, casi como al pasar. Llama la atención que los análisis posteriores se hayan ido focalizando en algunos aspectos del análisis machiano dejando de lado otros. A continuación se presentan las tesis centrales del capítulo citado. Aunque las mismas no se encuentran en el mismo orden expositivo, son en su mayoría citas casi textuales del trabajo en cuestión:

---

<sup>90</sup> La expresión “experimento mental” corresponde a la traducción española. No he elegido esa expresión porque parece comprometerse con posiciones cognitivistas apoyadas en la idea de modelos mentales. Sin embargo, la mantendré durante la exposición de la concepción machiana por respeto a la traducción española que se encuentra en nuestro medio desde hace muchos años.

## VII. Experimentos imaginarios y simulaciones computacionales

---

- a) Manejamos nuestras representaciones más fácilmente de lo que manipulamos los hechos físicos mismos. Además de hacerlo con menos gastos.
- b) La experimentación física es precedida por la experimentación mental: “todo inventor debe tener en la cabeza su dispositivo antes de realizarlo materialmente” (Mach 1897/1948: 160).
- c) La experimentación mental constituye una manera de juzgar la exactitud de nuestras representaciones para dar cuenta de las experiencias previas y para establecer la coherencia de nuestras representaciones. “Se trata de adaptar los pensamientos a los hechos y los pensamientos unos con otros” (Mach 1897/1948: 169)
- d) Es mediante la variación imaginaria de los hechos que llegamos a esos resultados.
- e) La experimentación física aparece como el resultado natural que complementa y precisa los resultados vacilantes o indeterminados de la experimentación mental.
- f) La sola experimentación mental permite mostrar el absurdo de alguna regla.
- g) Mediante la variación el pensamiento puede hacer decrecer y hasta suprimir uno o varios elementos que tienen influencia sobre un hecho, de tal modo que otras circunstancias actúen solas. Este procedimiento podría realizarse hasta extremos que resultan

imposibles en las experimentaciones físicas. Mach considera a esto un caso de idealización o abstracción, pero también podría considerarse un caso de control absoluto de la experimentación.

- h) “Es la naturaleza de la experiencia anteriormente adquirida la que hace el éxito de una experimentación mental” (Mach 1897/1948: 165)
- i) La paradoja se presenta como uno de los orígenes de la experimentación mental.
- j) La experimentación mental resulta un método heurístico, útil hasta en la enseñanza de la matemática aunque suele ser disimulado en forma reprobable.
- k) La experimentación mental no sólo es importante en ciencia, sino en el desarrollo psicológico de los individuos.

Aquí encontramos algunos conceptos claves, que será difícil volver a encontrar todos juntos en la discusión posterior: un continuo entre experimentación mental y experimento físico; la experimentación mental contribuye tanto al explorar la coherencia de nuestros pensamientos entre sí, como la adecuación de los mismos con nuestras experiencias; la experimentación mental es una antesala de la experimentación física; la experimentación mental tiene un valor heurístico, y el mismo consiste llenar el abismo que parece existir entre la deducción y la experimentación, pero también puede tener un valor pedagógico; en la experimentación mental manipulamos objetos mentales. En esta caracterización de los experimentos imaginarios la

manipulación de objetos mentales y la variación son dos características sobresalientes. En un análisis más reciente, Kujundzic (1998), ha presentado una caracterización de los experimentos imaginarios que se focaliza en el rol que la variación tiene en los mismos.

Mach sostuvo que los experimentos imaginarios conformaban un continuo con los experimentos reales. Este continuo tenía un doble sentido, por un lado enfatizó que efectivamente experimentamos con el pensamiento, y por otro lado pensó a los experimentos imaginarios como una antesala necesaria de los experimentos reales. En este sentido, su concepto de experimento imaginario es bastante amplio, pues parece incluir como tales los diseños de experimentos. Este es un problema en su caracterización, porque si los diseños son considerados experimentos imaginarios son un tipo muy particular de ellos. Los diseños serían algo así como experimentos imaginarios casi privados que no tendrían algunas de las características que mostraré más adelante.

Si preguntáramos a Mach ¿qué lugar ocupan los experimentos imaginarios entre nuestras teorizaciones y los experimentos reales?, la respuesta sería un lugar muy cercano a los experimentos reales. Más aún, por momentos pareciera que los experimentos imaginarios formarían parte de los experimentos reales. Si le preguntáramos acerca de la naturaleza del conocimiento que estos experimentos producen, la respuesta parece ser que a veces nos enseñan algo acerca de nuestras representaciones, y a veces algo acerca del mundo de nuestra experiencia. El que los experimentos imaginarios a veces nos provean de conocimiento acerca del mundo, conocimiento de nuestra

experiencia del mundo, es un aspecto que sólo ha sido recuperado dentro de la tradición cognitivista sobre los experimentos imaginarios.

A partir de esta idea de continuo, los resultados producidos por los experimentos imaginarios eran para Mach resultados empíricos (quizás sea más preciso decir cuasi-empíricos) con un estatus epistemológico muy parecido al de los experimentos reales.

Aunque el trabajo de Mach resulta una cita obligada sobre la temática, en lo que sigue veremos como cada una de las interpretaciones enfatiza alguna de las características y funciones de los experimentos mentales que señaló Mach, a costa del rechazo de otras.

### *1.2.2. Kuhn y la función de los experimentos imaginarios*

El artículo de Kuhn *La función de los experimentos imaginarios*<sup>91</sup> se ha convertido en un clásico de referencia sobre esta temática. En este trabajo Kuhn distingue dos tipos de experimentos imaginarios aquellos que “tratan situaciones que no se han examinado en laboratorio” y aquellos que “plantean situaciones que ni podrían examinarse totalmente ni tienen por qué darse en la naturaleza” (Kuhn 1964/1982: 263). Esta distinción, se ha transformado en muchos autores posteriores al punto que han tomando una de ellas dejando a la otra como caso límite de la primera, o directamente eliminando a la otra.

---

<sup>91</sup> La versión en inglés es “Una función para los experimentos imaginarios” (*A Function for Thought Experiments*). Aunque la traducción mexicana no respeta literalmente el título en inglés, no sé si efectivamente traiciona el espíritu del artículo o lo interpreta adecuadamente, pues en el mismo parece exponerse más la función que elucidarse una función entre otras.



Dado que un experimento imaginario descansa sobre datos existentes o familiares, ¿cómo puede ser que el examen de esos datos en el pensamiento produzca nuevo conocimiento? Este es el problema que Kuhn se plantea y que algunos han llamado la *paradoja kuhniana*. La respuesta de Kuhn al problema de cuál es la función de los experimentos imaginarios, es que permiten una reorganización conceptual porque, o bien ayudan a superar cierta confusión conceptual o ponen de manifiesto que nuestras teorías no ajustan bien con parte de nuestro *background* de datos. Para que esta función pueda ser cumplida, o dicho de otro modo, para que un experimento imaginario sea un buen experimento imaginario, Kuhn fijó una serie de condiciones:

- a) Todas las definiciones en un experimento imaginario funcionan del mismo modo que lo hacen las leyes de la naturaleza.
- b) Los datos implicados en un experimento imaginario son datos bien conocidos sobre los que se tiene confianza, así como también es conocida la situación en la que el experimento se desarrolla.
- c) La reorganización conceptual que produce el experimento tiene en Kuhn el mismo tinte psicológico que tenía su noción de revolución en esa época. Es una reorganización conceptual revolucionaria porque el cambio psicológico que producen es similar al que producían las anomalías en *La estructura de las revoluciones científicas*.

Aunque estas conclusiones tienen para Kuhn un carácter general se basan principalmente en el análisis de un experimento imaginario galileano, sobre la caída de un móvil en un plano inclinado<sup>92</sup>.

Trabajos más recientes han seguido parte de las ideas kuhnianas. Por ejemplo, Bokulich (2001) sostiene que la función de los experimentos imaginarios es prioritariamente una función evaluativa, por la que se testean las virtudes no empíricas de las teorías, tales como la consistencia o el poder explicativo. Otro análisis, el de Tamar Szabó Gendler, que sigue las ideas kuhnianas será presentado en detalle más adelante.

En los siguientes apartados veremos cómo se interpretan los experimentos imaginarios a partir de la discusión sobre esta temática que comenzó en los primeros años de la década de 1990. La discusión en este período es fuertemente epistemológica y aunque a veces parezca tener dos bandos en realidad tiene por lo menos tres. En uno de ellos se encuentra John Norton (1991; 1996; 2002; 2003) quien desde una perspectiva empirista sostiene que los experimentos imaginarios no son más que argumentos. Otro polo de la discusión es la posición platónica de James Brown (1991a; 1991b; 1992) quien sostiene que a través de experimentos imaginarios llegamos a verdades de tipo platónicas. Estos son los dos polos más fuertes de la discusión. Puesta de esta manera, es una variante de la clásica discusión entre empiristas y racionalistas. Sin embargo, a esta

---

<sup>92</sup> Una crítica interesante a las conclusiones de Kuhn y fundamentalmente a su interpretación del experimento de Galileo puede encontrarse en (Humphreys 1993).

discusión se ha sumado otro polo que es también anti-nortoniano porque no acepta la reducción de los experimentos imaginarios a argumentos, pero que no suscribe las tesis racionalistas de Brown. Aquí se pueden ubicar aquellos análisis que han usado los aportes de las ciencias cognitivas, en particular Gooding (1992c) y Nersessian (1992). Existen además otros análisis que resultan difíciles de ubicar dentro de esta clasificación, como los de Glender (1998a) y Humphreys (1993). El primero es un análisis que profundiza y continúa la línea kuhniana desde una perspectiva más constructivista que la de Kuhn y el segundo es una crítica aguda a la posición kuhniana, con un intento de caracterización de los experimentos imaginarios desde el concepto mismo de problema.

### *1.2.3. El platonismo de Brown*

James Brown desarrolla en diversos trabajos (1991a; 1991b; 1992) su posición frente a los experimentos imaginarios, que es sin duda una de las más elaboradas y también una de las que más críticos ha ganado.

Brown distingue dos tipos de experimentos imaginarios, los *constructivos* y los *destructivos*. Cuando un experimento imaginario es a la vez constructivo y destructivo Brown lo llama platónico. Los primeros, los experimentos imaginarios destructivos, son argumentos dirigidos contra una teoría. Un ejemplo podría ser el experimento galileano antes expuesto, dado que su objetivo parece ser mostrar que la teoría del movimiento de Aristóteles nos lleva a conclusiones absurdas. En cambio, “la fuerza de cualquier experimento imaginario constructivo consiste en establecer (en la imaginación) el fenómeno

experimental imaginario. Este fenómeno actúa luego como evidencia para alguna teoría” (Brown 1991a: 45).

A su vez a los experimentos imaginarios constructivos los clasifica en experimentos mediativos, conjeturales y directos. Un experimento imaginario mediativo es aquel que facilita una conclusión extraída a partir de una teoría específica bien articulada. Se comienza con una teoría de base y el experimento imaginario permite extraer una nueva conclusión. El ejemplo preferido de Brown es el demonio de Maxwell, a través del cual se intenta mostrar que no resulta impensable la posibilidad de que la entropía decrezca. En este caso el experimento ayuda a hacer más plausibles las conclusiones de una teoría. Además de este ejemplo, considera mediativos a experimentos que tienen un valor más instrumental.

En un experimento conjetural no se comienza con una teoría, como en el caso de los experimentos mediativos. El objetivo de estos experimentos es establecer algún fenómeno y luego conjeturar la teoría que explique este fenómeno experimentado a través del experimento imaginario. Brown ejemplifica este tipo de experimentos con el balde de agua de Newton (1687/1993: 37ss). En este experimento Newton supone que lo único que existe en el universo es un balde lleno hasta la mitad con agua. El balde está colgado de una soga. Para colgarlo se retuerce fuertemente la cuerda. En un estado I, en el instante en que se cuelga el balde y se lo mantiene en reposo, no existe movimiento relativo entre el agua y el balde. En este estado el agua se encuentra a nivel. En el estado II, inmediatamente después que se suelta el balde, el agua y el balde tienen movimientos relativos. En este estado el agua también se encuentra a nivel. Luego que ha pasado algún tiempo el balde se encuentra en el nivel III. El agua y el balde se

encuentran en reposo relativo, es decir no hay movimiento de uno con respecto a otro. Pero en este estado el agua no se encuentra a nivel, la superficie del agua es cóncava. El problema es cómo podemos dar cuenta de las diferencias entre el estado I y el estado III. La respuesta de Newton es que en el estado I el agua y el balde están en reposo absoluto, esto es en reposo con respecto al espacio absoluto, y en el estado III el agua y el balde se encuentran en movimiento absoluto, esto es en movimiento con respecto al espacio absoluto. Es esta diferencia en el movimiento absoluto lo que explica la diferencia observada en la forma de la superficie del agua. Con esta explicación debemos aceptar el espacio absoluto. Según Brown este 'fenómeno', el espacio absoluto, es producido por el experimento imaginario, y necesita ser explicado. El espacio absoluto no es derivado a partir del fenómeno, sino que es postulado para explicarlo.

Finalmente, tenemos los experimentos imaginarios directos. Al igual que los experimentos imaginarios mediativos comienzan con un fenómeno; no problemático, pero de la misma manera que los conjeturales no comienzan con una buena teoría acerca del fenómeno, su objetivo es lograr una teoría luego del experimento imaginario. El clásico experimento imaginario de Galileo de los cuerpos en caída libre es un buen ejemplo de este tipo de experimentos. En este tipo de experimentos no se comienza con una teoría bien articulada, aunque puede comenzarse con algún principio general más o menos vago. Sin embargo, según Brown, la diferencia entre teoría bien articulada y principio general no es sólo de grado, tal como puede parecer. En los experimentos mediativos se clarifica una relación inferencial (deductiva o estadística). El experimento imaginario es de gran ayuda psicológica, pero la relación lógica existe con independencia del

experimento imaginario. En los experimentos imaginarios directos la relación lógica entre el principio y la conclusión no existe.

Dentro de esta tipología de experimentos imaginarios, existe una categoría que es a los ojos de Brown la más interesante. Son aquellos experimentos que son a la vez destructivos y constructivos (directos). A estos experimentos Brown los llama experimentos platónicos.

Un *experimento imaginario platónico* es un único experimento imaginario que destruye una vieja teoría y simultáneamente genera una nueva; es *a priori* porque no está basado en nueva evidencia empírica y no es un mero derivado lógico de viejos datos; y es un avance porque la teoría resultante es mejor que su predecesora. (Brown 1991a: 77 cursivas del autor)

Nuevamente el ejemplo es el experimento de Galileo de la caída libre que destruye la concepción aristotélica y establece una nueva concepción respecto a la caída de los cuerpos, el mismo experimento que expuse al principio de este capítulo.<sup>93</sup>

La idea de Brown sigue en buena medida una tradición racionalista en el análisis de estos experimentos. Esta estrategia de análisis ya había sido expuesta, aunque restringida al caso galileano, por Koyré (1960/1977b; 1980c). El eslogan de Koyré era *la buena ciencia se hace a priori*. No es casual que Brown (1991a) dedique el capítulo 3 al pensamiento matemático. Su análisis de los experimentos

---

<sup>93</sup> A esta clasificación de los experimentos imaginarios que presenta Brown, Borsboom (2002) agrega los experimentos imaginarios funcionales. Se trata de experimentos que permiten la aplicación de ciertas teorías. Los autores están pensando en el uso de contrafácticos para la aplicación de teorías probabilistas en escenarios donde resulta difícil probar la independencia de los eventos. Sin embargo, parece un exceso tratar a cualquier enunciado contrafáctico como un experimento imaginario.

imaginarios es producto de una fuerte analogía con el pensamiento matemático. Koyré sostenía que los experimentos imaginarios eran intermediarios entre la matemática y lo real. Brown parece sostener que las leyes de la naturaleza, y por supuesto también las clases naturales, habitan en un mundo platónico y una manera de acceder a él es a través de los experimentos imaginarios. Más aún, sostiene que

el modo en que algunos experimentos imaginarios –los platónicos- funcionan es permitiéndonos aprehender los universales relevantes. La epistemología de los experimentos imaginarios es similar a la epistemología de las matemáticas. Así como a veces percibimos entidades matemáticas abstractas, de igual modo percibimos universales abstractos (Brown 1991a: 86)

Sin embargo, afirmar que los experimentos imaginarios nos brindan conocimiento *a priori* no significa, para Brown, que sean infalibles. Veamos en qué sentido sería *a priori* el experimento galileano que expuse antes. Según este autor el experimento sería *a priori* -en un sentido casi platónico- porque:

a) No están implicados en el experimento nuevos datos empíricos

b) La nueva teoría propuesta por Galileo a partir del experimento imaginario no se deduce lógicamente a partir de los datos disponibles.

c) La nueva teoría propuesta por Galileo no es un mero ajuste de la teoría aristotélica de la caída de los cuerpos.

Queda claro que la caracterización de *a priori* que está sosteniendo Brown es bastante peculiar. Brown ha extrapolado su platonismo acerca de las entidades matemáticas a la física. Parte de la justificación de esta extrapolación está reforzada a través de una

concepción platonista de las leyes científicas. En esta concepción ‘vemos’ a través de las leyes las entidades platónicas que la componen. Así Brown justifica la falibilidad de los experimentos imaginarios porque a veces estamos equivocados acerca de lo que vemos, aún en el caso de este particular ‘ver’.

### *1.2.4. El empirismo de Norton*

John Norton ha defendido en diversos trabajos (1991; 1996; 2002; 2003) que los experimentos imaginarios no son más que argumentos, aunque ha ido flexibilizando ligeramente su caracterización de argumentos.

    Mi concepción de experimentos está basada en la presuposición de que el pensamiento puro no puede producir conocimiento, además, quizás de las verdades lógicas. Todo lo que puede hacer es transformar lo que ya conocemos. Este es el caso de los experimentos imaginarios: sólo transforman el conocimiento existente. Si los experimentos imaginarios producen conocimiento, entonces se requiere que las transformaciones que realizan preserven las verdades de nuestro conocimiento existente; o que exista al menos una fuerte probabilidad de su preservación. El único modo que conozco de efectuar esta transformación es a través de la argumentación. (Norton 2003: 7)

Según Norton considerar una posición alternativa “es suponer que los experimentos imaginarios nos proveen de alguna forma nueva y misteriosa de conocimiento del mundo físico” (Norton 1991: 129). Así los experimentos “son sólo argumentación común disfrazada en alguna forma narrativa o pintoresca. Como resultado, no hacen epistémicamente nada que no pueda hacer la argumentación común” (Norton 2002: 1). Los experimentos imaginarios requieren: (i) establecer estados hipotéticos o contrafácticos, y (ii) invocar



particulares irrelevantes para la generalidad de la conclusión. Estas condiciones son condiciones necesarias, pero no condiciones suficientes para que un argumento sea considerado un experimento imaginario.

Lo que Norton está suponiendo es que:

a) Los experimentos imaginarios pueden ser siempre reconstruidos como argumentos basados en supuestos explícitos o tácitos que producen el mismo resultado.

b) La realización de un experimento imaginario consiste en la “ejecución” de un argumento. El alcance epistémico de un experimento imaginario consiste exactamente con el de un argumento. (Norton 1991: 129)

Norton (1991; 1996) sostiene que un experimento imaginario puede ser reconstruido como un argumento inductivo o como un argumento deductivo. En trabajos posteriores (2002; 2003) si bien sigue defendiendo la idea de que los experimentos imaginarios son argumentos, que en muchos casos deben ser reconstruidos como tales, espera que “la lógica se desarrolle de tal forma que contenga alguna nueva y buena forma de argumento que pueda emerger de los esfuerzos creativos de los que realizan experimentos imaginarios” (Norton 2002: 6 manuscrito)

Los experimentos imaginarios en ciencias naturales producen conocimiento contingente del mundo natural. De acuerdo al empirismo, sólo pueden hacerlo si el conocimiento del mundo natural es incorporado al experimento imaginario; esto es, si este conocimiento es parte de las premisas sobre las que procede el argumento. Puede entrar como conocimiento explícitamente sostenido, o puede entrar como conocimiento tácito.

Respecto a cómo es esta relación entre experimentos imaginarios y argumentos Norton sostiene:

(1a) (*Contexto de justificación*) Todos los experimentos imaginarios pueden ser reconstruidos como argumentos basados en supuestos tácitos o explícitos. La creencia en la conclusión-resultado de un experimento imaginario está justificada sólo en tanto que el argumento reconstruido pueda justificar la conclusión.

(1b) (*Contexto de descubrimiento*) La realización de un experimento imaginario consiste en la ejecución de un argumento, aunque esto pueda no ser obvio puesto que el argumento puede aparecer sólo en una forma abreviada y con premisas suprimidas. (Norton 2003: 8 manuscrito)

Como justificación de (1a) Norton sostiene que esta tesis se deriva del supuesto de que los experimentos imaginarios no pueden producir nuevo conocimiento. Además de hecho, según este autor, todos los experimentos imaginarios pueden ser reconstruidos como argumentos. Esta tesis sólo podría ser rechazada si se encontrara uno que no pudiera ser reconstruido como un argumento.

Respecto a (1b), según Norton, uno podría ser un perfecto empirista aceptando (1a) y permaneciendo agnóstico respecto a (1b). Sin embargo, según Norton los experimentos imaginarios aparecen a través de la palabra escrita. Nos convencen a través de ese medio, sin necesidad de recurrir a ninguna experiencia extraña (nótese que en el concepto de experiencia extraña quedan incluido cualquier tipo de conocimiento no inferencial en un sentido bastante restringido). Esto no sería otra cosa que lo que la literatura sobre lógica informal ha tratado generalmente como argumentos.

La tesis (1a) nos ofrece, para Norton, una razón más fuerte para aceptar (1b). Cualquier cosa que sea la actividad de los experimentos

imaginarios, si aceptamos (1a), creemos que el reino de los experimentos imaginarios coincide exactamente con el reino de la argumentación.

(2) *Tesis de la confiabilidad*: si los experimentos imaginarios pueden ser usados epistémicamente de un modo confiable, entonces debe haber argumentos que justifican sus resultados o pueden ser reconstruibles como argumentos.

A partir de la tesis de la confiabilidad Norton está sosteniendo que si los resultados de los experimentos imaginarios son resultados confiables, entonces están justificados. Si están justificados entonces hay un argumento que justifica ese resultado. Esta tesis podría ser leída como que los experimentos imaginarios son argumentos que justifican sus resultados o que los experimentos imaginarios requieren que sean reconstruidos como argumentos para que sus resultados sean confiables. En cualquiera de los dos casos los experimentos imaginarios resultarían eliminables, o sustituibles por argumentos. En el próximo apartado y en las consideraciones generales volveré sobre este problema.

### *1.2.5. El constructivismo de Tamar Szasbó Glender*

Glender (1998a) expone una posición que intenta separarse en parte del *a priorismo* de Brown y del empirismo de Norton. Su interpretación de los experimentos imaginarios también puede encontrarse en Glender (2002b; en prensa-c), aunque estos dos últimos trabajos están más dirigidos a los experimentos imaginarios en filosofía que a los experimentos imaginarios en ciencia.

Glender propone una interpretación de los experimentos imaginarios que recuerda mucho al artículo de Kuhn (1964/1982). Sin embargo, su interpretación se presenta en el contexto de la discusión que suscitara no tanto la paradoja kuhniana sino más bien la discusión en torno a si los experimentos imaginarios son sólo argumentos. Esta autora se opone a aquellas interpretaciones de los experimentos imaginarios que sostienen que los mismos son eliminables. Es decir, aquellas que sostienen que el valor epistémico de un experimento imaginario puede ser mostrado a través de un argumento que no haga mención a particulares imaginarios. Esta posición es claramente ejemplificada por la interpretación de los experimentos imaginarios de John Norton que expuse en el apartado anterior.

Glender no parece negar que los experimentos imaginarios sean argumentos, sino más bien sostendría que son un tipo bastante especial de argumento. Más aún, sostiene que los experimentos imaginarios difieren de los argumentos que no son experimentos imaginarios en dos aspectos cruciales: “primero, no son presentados como argumentos, sino como una invitación a contemplar un modo en el que el mundo podría o hubiera podido ser; y segundo, hacen referencia esencialmente a un estado de hecho particular hipotético o contrafáctico” (Glender 1998a: 399).

Aquellos que sostienen alguna forma de equivalencia entre los experimentos imaginarios y los argumentos parecen sostener lo que Glender llama la tesis de eliminación:

*Tesis de la eliminación:* cualquier conclusión a la que se llegue a través de un experimento imaginario (exitoso) será también demostrable por un argumento que no es un experimento imaginario.

A partir de la tesis de la eliminación todo buen experimento imaginario puede ser reconstruido como un argumento (que ya no es un experimento imaginario) sin perder fuerza demostrativa. Esta reconstrucción tendría dos etapas, primero se reemplaza la narrativa del experimento imaginario por una serie de premisas explícitas que lleven al resultado deseado. En una segunda etapa son reemplazadas aquellas premisas que hacen referencia a particulares o a contrafácticos.

Esta tesis podría tener dos lecturas. La lectura débil de esta tesis es la *tesis de la dispensabilidad*, la lectura fuerte es la *tesis de la derivabilidad*:

*Tesis de la dispensabilidad*: cualquier buen experimento imaginario puede ser reemplazado, sin pérdida de fuerza demostrativa, por un argumento que no es un experimento imaginario.

*Tesis de la derivabilidad*: la fuerza justificatoria de cualquier buen experimento imaginario sólo puede ser explicada por el hecho de que puede ser reemplazado, sin pérdida de fuerza demostrativa, por un argumento que no es un experimento imaginario.

En el caso del experimento de Galileo la tesis de la dispensabilidad sostendría que podríamos reemplazar el experimento galileano por un argumento que no es un experimento imaginario. Este último argumento sería racionalmente justificable sobre las mismas bases que el experimento imaginario.

Ahora bien, negar la tesis de la derivabilidad implica negar que la fuerza justificatoria de un experimento imaginario particular pueda ser explicada de este modo y negar también que sólo pueda ser explicada de este modo.

La alternativa que propongo es que al focalizarse en escenarios imaginarios y haciendo referencia a particulares, los experimentos imaginarios puede proveer una palanca para la reorganización de los compromisos conceptuales; esto explica el modo en el que nos brindan nueva *información* sin nuevos datos empíricos. Y al llevar al lector a realizar experimentos en el pensamiento, los experimentos imaginarios pueden llevarnos a rechazar compromisos teóricos débiles (y en definitiva falsos) a la luz del *conocimiento* acerca del mundo recientemente sistematizado y previamente inarticulado. (Glender 1998a: 415 cursivas de la autora)

En este contexto resulta muy interesante la reconstrucción que Glender hace del experimento imaginario galileano. En su reconstrucción se muestran cómo existen diversas respuestas alternativas para un aristotélico que evitarían llevarlo directamente a la conclusión de Galileo.

### *1.2.6 Las aproximaciones cognitivistas de David Gooding y Nancy Nersessian*

Algunas aproximaciones a los experimentos imaginarios han privilegiado una perspectiva de tipo cognitiva. A pesar de que existen diferencias importantes en el enfoque general, las interpretaciones de David Gooding y de Nancy Nersessian pueden englobarse dentro de esta perspectiva.

Gooding (1992c) presenta una interpretación de los experimentos imaginarios que intenta salir de la dicotomía que he presentado, entre quienes piensan que los experimentos imaginarios no son más que argumentos y perspectivas apriorísticas como la de Brown. La posición de Gooding se inserta dentro de concepción acerca de la actividad científica que este autor ha desarrollado desde

hace casi dos décadas. Su concepción está inmersa dentro de la tradición que ve a la ciencia como una gran narrativa (ver versiones constructivistas capítulo anterior de este trabajo). En numerosos trabajos Gooding ha abordado el problema de la experimentación en general, y ha puesto especial atención en la obra de Faraday. Su perspectiva, reflejada también en su interpretación de los experimentos imaginarios, es fuertemente cognitivista, y en los últimos años su filosofía gira en torno del concepto de ‘visualización’. (Cf. (Gooding 2003; Gooding 1992b; Gooding 1998)).

La visualización es también el aspecto más relevante en su interpretación de los experimentos imaginarios. “La percepción visual es crucial porque la habilidad para visualizar es necesaria para la mayoría, sino para todos, los experimentos imaginarios”. (Gooding 1992c: 285)

En *The Procedural Turn; or, Why Do Thought Experiments Works?* (Gooding 1992a) se presenta una serie de similitudes entre los experimentos imaginarios y los experimentos reales, entre ellas se destacan:

- a) Tanto en los experimentos reales como en los imaginarios se manipulan objetos estables y bien definidos.
- b) Los experimentos imaginarios tienen restricciones conceptuales, de la misma forma que los experimentos reales tienen restricciones materiales.
- c) Al igual que los experimentos reales en su forma demostrativa o de libro de texto, los experimentos imaginarios siempre funcionan. Sus narrativas tienen

el carácter inexorable de las demostraciones geométricas.

En este contexto, Gooding destaca las funciones heurísticas de los experimentos imaginarios para la construcción de nuevas hipótesis científicas. Esta función heurística se da fundamentalmente porque los experimentos imaginarios permiten visualizar a través de simulaciones que tienen las restricciones que impone la teoría. Sin embargo, la perspectiva de Gooding casi no ofrece respuestas respecto a la naturaleza de los resultados de un experimento imaginario. Esto es aún más patente porque toda su elucidación respecto de estos experimentos se instala en una muy peculiar forma de ver las prácticas reales.

La perspectiva cognitiva de Nancy Nersessian está directamente emparentada con la de David Gooding. Comparten la focalización en la idea de simulación que subyace a los experimentos imaginarios, aunque para esta autora la comprensión vendrá a través de los modelos mentales. Para ella hay que entender los experimentos imaginarios como una forma de “razonamiento simulativo basado en modelo, ... aquellos que realizan experimentos imaginarios razonan manipulando modelos mentales de la situación que presenta la narrativa del experimento imaginario” (Nersessian 1992: 292)

La hipótesis central de Nersessian es que

lo que distingue a un experimento imaginario de otras formas de argumentos lógicos y otras formas de razonamiento proposicional es que el razonamiento por medio de un experimento imaginario involucra construcción y realización de inferencias a partir de simulaciones mentales.... Aunque el lenguaje es usado para construir esta simulación, las operaciones que realizan los que ejecutan el experimento imaginario no son sobre representaciones lingüísticas, sino sobre el modelo que la



narrativa les ha permitido construir (Nersessian 1992: 292).

Esta perspectiva pone de relieve algunas características de los experimentos imaginarios:

- a) los experimentos imaginarios se presentan como una narrativa. Aquí el concepto de narrativa es lo suficientemente amplio como para incorporar también las ilustraciones que suelen acompañar a los mismos. Esa narrativa le pide al lector que imagine una escena *dinámica*.
- b) La narrativa presenta *abstracciones*. Estas tienen como objetivo focalizar la atención de quien ejecuta el experimento. Esta selección de las dimensiones pertinentes deriva, según la autora, de la experiencia del mundo.
- c) Como el experimento imaginario nos lleva a la construcción de *modelos* mentales que simulan la situación presentada, las operaciones no se realizan sobre proposiciones, sino sobre los modelos contruidos.
- d) Usualmente un experimento imaginario es tan convincente que aunque pudiera ser realizado, para quien ejecuta el mismo no es necesario realizarlo.
- e) La situación que el experimento imaginario construye puede revelar algo de nuestra experiencia que no notamos antes; puede generar nuevos datos a partir de

casos límite; puede hacer uso de consecuencias empíricas de nuestras concepciones.

El punto importante que diferencia a esta posición es que, aunque los experimentos imaginarios puedan ser reconstruidos como argumentos, su función modelizadora no puede ser suplantada por un argumento.

Experimentar mentalmente es una compleja forma de razonar que integra varias formas de información – proposiciones, modelos y ecuaciones- en modelos mentales dinámicos. Al unir las dimensiones conceptuales y experienciales del proceso humano de cognición, la experimentación mental demuestra las consecuencias indeseables del mundo real de la representación, en consecuencia nos obliga a un cambio representacional. (Nersessian 1992: 297)

### *1.3. Una reflexión acerca de los experimentos imaginarios*

Intentemos ahora poner un poco de orden en la diversidad de interpretaciones que se presentaron.

Esta sección comenzó con un epígrafe de Brown:

Los experimentos imaginarios se realizan en el laboratorio de la mente. Más allá de esta metáfora es difícil saber exactamente lo que son. Los reconocemos cuando los vemos: son visualizables; invocan manipulaciones mentales; no son meramente la consecuencia de un cálculo teórico; a menudo (aunque no siempre) son imposibles de implementar como experimentos reales ya sea por falta de tecnología necesaria o porque son simplemente imposibles en principio. (Brown 1991a: 1)

La caracterización de los experimentos imaginarios que brinda esta cita atiende a una diversidad de aspectos que luego el propio libro de Brown (1991a), *The Laboratory of Mind: Thought Experiments in the Natural Sciences*, no tiene en cuenta. Algunos de estos aspectos tampoco podrían desarrollarse dentro del esquema apriorista-racionalista de Brown.

La interpretación de los experimentos imaginarios que intentaré defender, a riesgo de que parezca mero eclecticismo, rescata aspectos de cada una de las interpretaciones presentadas. Hay una gran diversidad de experimentos imaginarios en ciencia, y cada una de las presentaciones anteriores ha atendido especialmente a alguna de estas variedades, dejando sólo al experimento galileano como la arena común para la discusión.

Veamos en primer lugar el aspecto más conflictivo de la discusión más reciente, si los experimentos imaginarios son sólo argumentos o pueden ser más que argumentos. Esta discusión tiene una serie de supuestos que hacen que se parezca más a un diálogo de sordos que a una verdadera discusión. Por esa razón me gustaría replantear el problema:

En primer lugar los experimentos imaginarios no se presentan directamente como un argumento, no al menos en el estilo de argumentos que Norton tiene en mente. En consecuencia los experimentos imaginarios son argumentos, luego de un proceso de reconstrucción. Sin embargo, la reconstrucción no es parte del experimento imaginario. Una manera, y creo que la más adecuada, de entender lo que la interpretación en términos de argumentos parece sostener, es pensar que el argumento es la justificación epistémica del experimento imaginario. Así la posibilidad de reconstruir un

experimento imaginario en un argumento sólido o válido es el test que distingue buenos y malos experimentos imaginarios.

Así, desde la perspectiva argumental, realizar un experimento imaginario parece consistir en verificar la validez o solidez del argumento que lo sustenta. La operación de realizar un experimento imaginario incluiría implícitamente seguir una cadena argumental que va desde determinadas premisas a una conclusión. Sin embargo, esta perspectiva no atiende al proceso de presentación y ejecución de un experimento imaginario. Aspectos como la variación en los parámetros del experimento no pueden ser mostrados desde una perspectiva que considera a los experimentos imaginarios meramente como argumentos.

El supuesto que está detrás de un análisis de este tipo es que elaborar una epistemología de los experimentos imaginarios supone fijar las condiciones de verdad de los mismos. Dado que un experimento imaginario no tiene nuevos datos empíricos el único estándar de evaluación epistémico disponible es aquél con el que evaluamos los argumentos. Dicho de otra manera, epistémicamente hablando no hay nada adicional en los experimentos imaginarios. Los buenos experimentos imaginarios pueden tener otras virtudes, pero son virtudes no epistémicas, tales como su capacidad de persuasión. Aceptar este supuesto en la evaluación de Norton resulta difícil. La dinámica teórica, y sin duda también la experimental en ciencia, no se encuentra guiada sólo por valores epistémicos.

Lo anterior queda más claro si se evalúa qué restricciones tendrá el concepto de argumento. Norton está defendiendo implícitamente que la argumentación es una actividad exclusivamente sentencial. Esto en el marco de una posición netamente empirista, en

la que el acceso al conocimiento es a través de la argumentación justificada y/o a través del acceso empírico. Así, o bien los experimentos imaginarios nos dicen algo del mundo pues tienen acceso al mundo empírico, o bien son argumentos que pueden ser evaluados con la lógica que evaluamos cualquier argumento. La primera opción, que los experimentos imaginarios tengan acceso al mundo empírico, claramente está negada, luego sólo está abierta la segunda. El problema es si estamos dispuestos a aceptar la disyunción y la idea de que la argumentación es sólo sentencial. La perspectiva cognitiva, la de Gooding y Nersessian que expuse, intenta rescatar otros aspectos de la actividad cognitiva, incluyendo a la argumentación. Es por ello que la 'visualización' es un aspecto tan importante. 'Visualización' en este contexto no tiene ninguna relación con el 'ver' platónico de Brown. Sin embargo, el análisis que se ofrece de los experimentos imaginarios a través de los aportes de la psicología cognitiva no pasa de ser programático. Resulta un programa interesante que ha mostrado otros aspectos a tener en cuenta en la evaluación de la actividad cognitiva, pero que en el análisis de este tema aún no ha aportado demasiado.

Otro aspecto de la discusión, bastante más vinculado con el anterior de lo que parece, tiene que ver con la tesis de que todo experimento imaginario *puede* ser reconstruido como un argumento. El primer punto es que no se trata efectivamente de un argumento, sino que el mismo debe ser reconstruido. Aunque aceptáramos alguna forma de equivalencia informacional entre la versión post-reconstrucción y la versión pre-reconstrucción, aún el mismo Norton aceptaría que los experimentos imaginarios no se nos presentan directamente como argumentos. Segundo, aún si informacionalmente

fueran equivalentes esto no significa que lo sean cognitivamente. Colocar a un experimento imaginario en términos de argumentos con forma sentencial hace que decididamente sea un exceso lingüístico hablar de experimentos imaginarios (tanto por la parte experimental como por la parte imaginaria). Tercero, si los particulares involucrados son irrelevantes, significa esto que su función es sólo retórica. Finalmente, los experimentos imaginarios pueden tener una función heurística, tal como Popper (1934/1977) había señalado. Esta función heurística puede llevarnos en el sentido señalado por Kuhn hacia nuestras representaciones, mostrando dificultades en la teoría en cuestión o sugiriendo nuevas conceptualizaciones, o pueden llevarnos hacia el mundo sugiriendo también nuevas formas de intervención. La primera dirección, hacia nuestras representaciones, resulta más clara, y la más elaborada por los filósofos. La segunda, hacia la intervención, se encuentra ya enunciada en el trabajo de Mach y ha sido escasamente trabajada. Una manera de ver los experimentos imaginarios dirigidos hacia la experimentación es pensarlos como antecelas de los experimentos reales. Desde esta perspectiva, sucesivos experimentos imaginarios pueden llevarnos hasta un experimento real.

Esta última dirección resultará más clara cuando integremos a este análisis las simulaciones computacionales. La comparación entre estas dos actividades ayudará a aclarar el punto.

## 2. Simulaciones computacionales

Desde la década del 50 del siglo XX las simulaciones computacionales se han instalado dentro de la actividad científica<sup>94</sup>. A partir de entonces ha sido notable su crecimiento, y éste se manifiesta tanto en la variedad de roles que las simulaciones juegan dentro de la ciencia, como en la diversidad de técnicas computacionales a las que llamamos simulaciones. Esta invasión de las simulaciones computacionales ha generado importantes cambios en la actividad científica como por ejemplo la generación de nuevas disciplinas tales como la química computacional o la física computacional, que en la actualidad se desarrollan con múltiples ramas. El cambio más importante parece ser la disponibilidad de una nueva metodología para abordar los problemas científicos. Fritz Rohrlich, con algo de exageración, sostuvo que “la simulación computacional ofrece una nueva herramienta para la ciencia: experimentos con modelos teóricos de una amplitud y riqueza que excede cualquier cosa disponible con anterioridad. Es razonable concluir que estamos en el umbral de la era de una nueva metodología científica” (1991: 516). A pesar de todo esto, hace sólo relativamente poco tiempo que algunos filósofos de la

---

<sup>94</sup> Galison (1997) y en Fox Keller (2003) realizan una presentación histórica del desarrollo de las simulaciones computacionales. En ambos casos, la presentación se focaliza especialmente en la física y en el surgimiento de estas técnicas durante la Segunda Guerra Mundial. En ambos casos también se dejan de lado diversificaciones posteriores en el desarrollo de ciertas técnicas que no se dieron dentro del ámbito de la física, como por ejemplo el programa de investigación que dio origen a la inteligencia artificial clásica.

ciencia han incorporado estas prácticas dentro de su imagen de la actividad científica.

Los filósofos de la ciencia han abordado fundamentalmente dos problemas en torno a las simulaciones computacionales. Por un lado, han intentado caracterizar a qué se llama simulación computacional. Dicho de otra manera, éste es el problema taxonómico de cómo se recorta dentro del ámbito de técnicas computacionales a aquellas a las que se llamará simulaciones. Es particularmente importante en este contexto distinguir las simulaciones del uso instrumental de las técnicas computacionales. El otro problema, que sin duda ha recibido más atención, es el de la naturaleza de los productos de las simulaciones computacionales. Es decir, la pregunta subyacente es si los resultados de las simulaciones computacionales hablan acerca del mundo o acerca de nuestras teorías. Los científicos en general se refieren a las simulaciones como experimentos computacionales, o en algunos casos como experimentos a secas. Desde esta segunda perspectiva se intenta elucidar si este uso de la palabra experimento es sólo una licencia expresiva o si hay algo realmente experimental en las simulaciones. Así pueden encontrarse como parte de la estrategia para abordar este problema comparaciones entre simulaciones computacionales y experimentos imaginarios, simulaciones computacionales y modelos, simulaciones computacionales y experimentos reales.

El crecimiento en número y complejidad de estas técnicas hace que hoy una evaluación general resulte una tarea excesivamente ambiciosa. Sin embargo, dado el innegable impacto que estas técnicas han tenido en las prácticas científicas esta sección estará dedicada a las simulaciones dentro de dichas prácticas.



### ***2.1. Las técnicas computacionales***

Dada la diversidad de técnicas asociadas con las computadoras, las clasificaré, según su rol, en dos grandes grupos. Esta clasificación sólo tendrá fines analíticos, ya que no es posible trazar una clara distinción entre ambos grupos. El primer grupo comprende aquellas técnicas en las que las computadoras cumplen el rol de instrumentos de ayuda para la investigación. El segundo grupo comprende las técnicas en las que podemos decir que, si se me permite la metáfora, tomamos la ‘computadora como naturaleza’<sup>95</sup>. Dentro de este segundo grupo se encuentran a su vez las que conocemos como técnicas de simulación.

La computadora como instrumento dentro de la actividad científica tiene una historia muy interesante. Una historia, que en muy pocas palabras, podría resumirse como el proceso que va de la computadora como ayuda para la tarea del científico a la computadora como científico. Esta es una historia muy rica tanto en sus aspectos epistemológicos como en sus aspectos sociológicos. En diversas áreas de conocimiento muchos desarrollos parecen tener como objetivo la construcción de sistemas computacionales que ejecuten tareas antes realizadas por científicos humanos. Las tareas en las que se han ido sustituyendo a los científicos humanos por ‘científicos computadoras’ han aprovechado en un primer momento la capacidad de cálculo de la computadora, luego las capacidades de cálculo asociadas con la búsqueda de patrones y finalmente existen cada vez más intentos de ‘computarizar’ las actividades que involucran mayor profundidad

---

<sup>95</sup> La distinción ha sido sostenida por Peter Galison (1997), aunque he cambiado ligeramente su significado.

teórica. Dicho brevemente, el desarrollo de los sistemas computacionales parece seguir una dirección que va del cálculo mecánico a la producción de inferencias.

Es interesante destacar que es posible encontrar diferentes líneas de investigación que tienen como objetivo común el desarrollo de computadoras que realicen tareas clásicamente realizadas por científicos, aunque estas líneas han tenido entre sí escasa interrelación. Dos ejemplos pueden servir para ilustrar estas diferencias. Como primer ejemplo puede citarse la línea de descubrimiento científico computacional iniciada por Herbert Simon<sup>96</sup> que tiene una impronta fundamentalmente cognitivista y psicologista. Un segundo ejemplo lo constituye la línea que se desarrolló dentro de los propios laboratorios experimentales, donde la sustitución de hombres por máquinas se realiza fundamentalmente en función de los resultados y no por simulación del modo en que los humanos realizan esa tarea<sup>97</sup>. Sin embargo, en este momento no me ocuparé de ninguna de estas líneas sino principalmente de la computadora 'como naturaleza'<sup>98</sup>. Ciertos aspectos de la incorporación de este último rol para la computadora dentro de la actividad científica están íntimamente relacionados con la

---

<sup>96</sup> Cf. (Langley, Simon & Bradshaw 1987). En este trabajo se encuentran las bases de este programa de investigación, aunque a partir de esa fecha los trabajos se han desarrollado en muchas direcciones diferentes. Asimismo en esta obra se encuentran los primeros desarrollos de programas que simulan descubrimientos (o "re-descubrimientos") científicos.

<sup>97</sup> Esta segunda línea podría mostrarse a través de la disputa en física de altas energías entre la década del 50 y la década del 60 respecto al modo en que las computadoras debían utilizarse dentro de los laboratorios para el análisis de datos: de un modo interactivo hombre-computadora o con el paulatino reemplazo de los hombres función por función. Cf. (Galison 1997) especialmente el capítulo 5.

<sup>98</sup> Salvo en el apartado 2.3 en el que presentaré un ejemplo de simulación en la línea de Simon.

historia del desarrollo de la computadora como instrumento. No obstante, sólo a los fines de la argumentación, supongo aquí que ambas funciones pueden distinguirse, y me ocupo particularmente de la segunda. Utilizo la expresión ‘computadora como naturaleza’ en un sentido metafórico que sólo pretende distinguir funcionalmente algunos usos de la computadora dentro de la actividad científica. Sin embargo, existen otros usos de la expresión asociados con la problemática de la ‘computabilidad de la naturaleza’ o de la ‘naturaleza como computadora’ de los que no me ocuparé.

Veremos, sin embargo, que aún restringiéndonos a la computadora como naturaleza, nos encontraremos con diferentes tipos de simulaciones según el modo en que se usan. En el primer tipo de simulaciones éstas tienen el papel de experimentos. En el segundo, las simulaciones son parte de experimentos.

### ***2.2. Consideraciones introductorias sobre las simulaciones computacionales***

Las simulaciones, en tanto técnicas imitativas, son previas a la computadora digital. En términos generales se entiende que las simulaciones tienen el objeto de ‘imitar’ de algún modo lo que quiere ser comprendido. Como ejemplo de simulaciones en sentido amplio podemos incluir lo que clásicamente se han denominado modelos icónicos. Pero aquí no me ocuparé de este tipo de simulaciones, sino de aquellas simulaciones que se desarrollan a través de una computadora. En este contexto debe tenerse en cuenta que ‘imitación’ tiene un sentido bastante particular, en el que se prescinde del isomorfismo entre lo simulado y la base física en la que se desarrolla

la simulación, puede prescindirse de ciertas complejidades del fenómeno simulado y, aún más, las simulaciones pueden desarrollarse como claros escenarios contrafácticos. Algunos han sostenido que la palabra simulación no es adecuada justamente por su asociación con imitación, siendo que en muchos casos, como los de simulación numérica, no es muy claro en qué sentido se podría hablar de imitación (Cf. (Winsberg 2003)). De aquí que las simulaciones puedan privilegiar distintos aspectos; por ejemplo, algunas privilegian propiedades estructurales, otras relaciones causales. También hay que señalar que las relaciones entre lo simulado y la simulación pueden tener un menor o mayor grado de idealización. Los límites del concepto resultan por demás difusos, al punto que los científicos utilizan de manera intercambiable ‘modelo’ y ‘simulación’. Para agregar más confusión aún, estos mismos científicos utilizan, además, la palabra modelo para muchas cosas a las que difícilmente llamaríamos simulación. Sin embargo, aunque el concepto parezca difuso, y aunque no comprendamos su estatus epistémico, ante casos paradigmáticos parece que podemos saber cuándo estamos frente a una simulación.

Para citar sólo algunos ejemplos de esta amplia variedad de simulaciones podemos hacer referencia al gran número de simulaciones producidas dentro de lo que se ha dado en llamar Vida Artificial –que intentan simular las interacciones entre medio ambiente y organismos vivos, aspectos parciales de la evolución, interacción entre organismos, formas diversas de adaptación, etc.–, las simulaciones del desarrollo de estrellas, los procesos de decisión de una organización, o los procesos de colisión entre partículas de altas energías, entre muchos otros.

### ***2.3. KEKADA, un ejemplo de simulación con experimentación***

A partir del próximo apartado las simulaciones que se analizarán son simulaciones que podríamos denominar ‘simulaciones de la naturaleza’ o ‘simulaciones como naturaleza’. Cuál de estas dos denominaciones se utilice depende en buena medida del rol de la simulación. En cambio, este apartado presentará un ejemplo de simulación de la actividad científica en el que se incorporan estrategias experimentales.

Simon y Kulkarni (1988) desarrollaron una simulación computacional del descubrimiento de Krebs del ciclo de la urea (el capítulo anterior presentó una reconstrucción del caso histórico). En el marco de las simulaciones computacionales de descubrimientos científicos que desarrollaran Simon y su equipo, ésta tiene un valor especial porque incorpora entre sus heurísticas estrategias experimentales.

Kekada tiene 64 heurísticas. Éste es un número bastante grande, comparado con otras simulaciones desarrolladas dentro del proyecto de Simon<sup>99</sup>. Además, entre las heurísticas que tiene Kekada aproximadamente la mitad son heurísticas con conocimiento de dominio.

Este programa propone experimentos a partir de hipótesis, cuya generación, a su vez, depende tanto de los datos de entrada, como del

---

<sup>99</sup> Es importante recordar que este proyecto tiene sus orígenes en los trabajos que desarrollaran Simon y Newell. El GPS (General Problem Solver), uno de sus primeros programas, intentaba instanciar los objetivos centrales del proyecto: encontrar un conjunto pequeño de heurísticas con tal nivel de generalidad que pudieran simular la resolución humana de problemas con independencia del dominio del problema.

## VII. Experimentos imaginarios y simulaciones computacionales

---

conocimiento de base y conocimiento más específico. Dichos conocimientos, de base y específico, están implementados en forma de heurísticas. El KEKADA está implementado como un sistema de producción<sup>100</sup>. Las reglas especifican las hipótesis o los patrones que pueden darse en los datos. La representación de datos incluye:

a) Procesos: generalmente las reacciones químicas y sus diferentes elementos

b) Sustancias: aquí se incluye no sólo información sobre las sustancias sino también sobre sus respectivas propiedades y fórmulas químicas.

c) Experimentos: los atributos considerados en un experimento son los datos de entrada, condiciones para la consecución del mismo, el lugar, cantidades iniciales y referencias acerca de qué es medido cuando se realiza el experimento.

d) Hipótesis: una hipótesis involucra aquí una descripción de cómo es un fenómeno o proceso. Cada hipótesis tiene asociada una “medida de confianza”<sup>101</sup>.

La adjudicación de estos niveles de confianza – y sus eventuales cambios- tiene una importancia significativa en el modo en el que funciona el sistema, y se representa por una lista ordenada de cinco elementos: éxito, fracaso, esfuerzo-fallido, éxito-no-conclusivo, fracaso-no-conclusivo. Probablemente el único que necesite cierta explicación sea el tercer término: esfuerzo-fallido. Dicho elemento

---

<sup>100</sup> Un sistema de producción se caracteriza básicamente por reglas de condición-acción llamadas *producciones* y una memoria dinámica – esto es que cambia en cada ciclo del programa- (Kulkarni & Simon 1988: 147-148)

<sup>101</sup> A su vez no todas las hipótesis tienen el mismo grado de generalidad o “nivel de abstracción”. Así, no es lo mismo describir los compuestos y sus propiedades, que hacer referencia a las sustancias que los componen o a su nivel atómico.

pretende medir de alguna manera la disminución de confianza en una hipótesis ante el fracaso en el intento de confirmarla. Este elemento es especialmente importante en esta simulación para intentar explicar algunas decisiones del propio Krebs.

El sistema cuenta con una subrutina que propone problemas, la cual luego 'dispara' la subrutina que propone hipótesis, que involucra la propuesta de un experimento. Para realizar cada uno de los experimentos se deben especificar ciertas expectativas acerca de los resultados. En base a los resultados de los experimentos – que no realiza el sistema sino el usuario- se modifica la confianza que cada hipótesis tiene asociada. Eventualmente, incluso los problemas pueden ser eliminados por la influencia de estas expectativas.

Aparentemente la simulación fue aplicada luego, con pequeñas modificaciones, a otros casos históricos<sup>102</sup>.

Como puede observarse a partir de la breve descripción presentada, el sistema KEKADA no realiza experimentos. Lo que hace es sugerir nuevos experimentos, a partir de fenómenos sorprendentes, -es decir aquellos fenómenos que no concuerdan con las expectativas. El usuario realiza los experimentos y carga los resultados de los mismos. En este sentido, lo que hace KEKADA es algo así como un diseño de experimentos.<sup>103</sup>

---

<sup>102</sup> Digo aparentemente porque si bien Simon y Kulkarni repiten en diversos trabajos que fue aplicada exitosamente a otros casos históricos la aplicación, hasta donde yo conozco, no ha sido publicada. (Cf. (Kulkarni & Simon 1988) (Kulkarni & Simon 1990)).

<sup>103</sup> Una de las críticas más fuertes que ha recibido KEKADA, radica precisamente en la intervención del usuario del programa. En particular, GraBhoff – May (1995) han sostenido que no puede considerarse a KEKADA una simulación del caso de Krebs, ya que las decisiones más importantes que tuvo que tomar el científico, son tomadas por el usuario en esta simulación.

Si bien es cierto que estas características de la simulación hacen que las estrategias experimentales que contiene parezcan demasiado simples, la incorporación de la idea de ‘fenómeno sorprendente’, como disparador de nuevos experimentos y de reconceptualizaciones teóricas, permite explicar algunas de las funciones de la experimentación que se presentaron en el capítulo anterior.

La abducción permitiría caracterizar el hecho de que los fenómenos sorprendentes generados experimentalmente lleven a nuevas hipótesis y conceptos (Cf. capítulo III). El diseño de nuevos experimentos a partir de fenómenos sorprendentes parece involucrar diferentes heurísticas, muchas de las cuales son dependientes del dominio, como en el caso de la simulación de KEKADA. van den Borsch (1999) presentó una interesante idea, por la que podría existir lo que denominó “inferencia a la mejor manipulación”. Esta inferencia sería una abducción en sentido opuesto, y la implementó a través de reglas heurísticas en un programa computacional. Sin embargo, me parece que la idea es aún muy programática y con algunas dificultades conceptuales.

### *2.4. Clasificación de las simulaciones computacionales*

Presentaré una taxonomía de las simulaciones atendiendo especialmente a su función y al modo en que las mismas se construyen. Aunque esta taxonomía intenta reflejar un criterio especialmente funcional la diversidad de simulaciones presenta algunas limitaciones importantes para la misma. Al final del apartado se presentan algunas de estas limitaciones.



La clasificación que propongo divide a las simulaciones en tres tipos, simulaciones como cálculo, simulaciones de modelos, y simulaciones fenoménicas.

### ***a) Las simulaciones como cálculo:***

Una buena parte de la literatura filosófica ha recortado la caracterización de las simulaciones computacionales a aquellas técnicas que aprovechando la velocidad de cálculo de las computadoras permiten tratar con sistemas de ecuaciones para las que no se conocen soluciones analíticas<sup>104</sup>. Así en su origen este tipo de simulaciones implementan técnicas de cálculos ya conocidas, aunque prácticamente inaplicables sin la velocidad de cálculo de la computadora.

Resulta importante destacar dos aspectos de este tipo de simulaciones. El primero es que esta tipología engloba diversas técnicas de aproximación, y que sólo algunas de ellas tenían un desarrollo anterior e independiente de la aparición de la computadora. A partir de las primeras implementaciones a mediados del siglo pasado se puede detectar un creciente desarrollo diversas técnicas ‘de cálculo’ en una permanente retroalimentación entre capacidad de cálculo de las computadoras y desarrollo teórico. Esta dinámica de cambio resulta habitual entre instrumentos y elaboración teórica, lo que parece colocar a las simulaciones en un lugar parecido al de los instrumentos.

---

<sup>104</sup> Un buen ejemplo de este sesgo en el recorte de las simulaciones computacionales dentro del ámbito de las técnicas computacionales es Humphreys (1991).

Este tipo de simulaciones ha sido llamados también “experimentación en teoría” (Cf. (Winsberg 2001), (Fox Keller 2003)). El problema para caracterizar esta categoría de simulaciones no se encuentra tanto en el modo en que se distingue de las otras dos categorías, sino más bien en determinar cómo se distingue de otros usos de la computadora como herramienta de cálculo. La primera diferencia entre estas simulaciones y otros usos de la computadora es funcional, y la segunda diferencia puede verse a partir de la caracterización de las simulaciones en términos de experimentación. La caracterización de las simulaciones computacionales como experimentación virtual es una interesante forma de distinguir entre simulaciones y otras herramientas computacionales de cálculo.

Estas simulaciones también han sido caracterizadas como una forma de aprovechamiento de la fuerza bruta de las computadoras, lo que implicaría ninguna diferencia metodológica o epistemológica respecto a otras formas de cálculo.

Un ejemplo clásico de este tipo de simulaciones lo constituyen las implementaciones de técnicas de Monte Carlo.

En general estas simulaciones producen grandes cantidades de datos que son procesados en la forma habitual en la que se procesan los datos de laboratorio.

### ***b) Simulaciones de modelos o top down***

Las simulaciones no se agotan en el tipo de simulaciones recién presentado. Existen al menos dos tipo más de simulaciones. El primero de ellos abarca a las simulaciones de modelos o simulaciones *top down*. En estas se tiene un modelo teórico conocido, no importa

que sea un modelo de un fenómeno que se supone real o de un fenómeno ficticio. La simulación permite asignar dinámica al modelo teórico, así como variación y control de sus parámetros. La fertilidad de la simulación incluye diversas estrategias dependientes del contexto teórico y fenoménico en cuestión (idealización, postulación de parámetros, etc). Epistemológicamente estas simulaciones podrían pensarse de la siguiente manera: si los modelos pueden ser pensados como estrategias de aproximación, las simulaciones son un caso límite de esta estrategia de aproximación. Estas simulaciones en muchos casos tienen un claro carácter contrafáctico, así como en muchos casos juegan también el rol de experimentos que resultan imposibles como experimentos reales.

Podría objetarse que no resulta sencillo en los casos concretos distinguir entre la primera categoría y ésta, ya que muchas simulaciones que caerían dentro de esta última utilizan muchas veces técnicas de cálculo del tipo de las descritas en la primera categoría de esta taxonomía. Sin embargo, esta objeción está teniendo en cuenta la arquitectura de la simulación y no la función para la cual se crea la simulación. Por lo que desde esta última perspectiva no afecta a esta taxonomía que las simulaciones de esta segunda clase contengan en su mayoría técnicas de la primera clase. En esta categoría el cálculo está subordinado a la simulación de un modelo teórico.

### *c) Simulaciones fenoménicas o botton up*

La tercera categoría de simulaciones podría denominarse simulaciones fenoménicas o simulaciones *botton up*. Estas simulaciones se construyen a partir de la menor cantidad de datos

teóricos posibles (en algunos casos porque los mismos no se encuentran disponibles).

Este tipo de simulaciones no siempre es usado en aquellos casos donde no se cuenta con una buena teoría del fenómeno. Por ejemplo, en neurofisiología se construyen para un mismo rango de fenómenos ambos tipos de simulaciones, simulaciones *top down* y simulaciones *botton up*. Las primeras ponen en algún sentido a prueba el modelo, pero por una vía relativamente indirecta, los resultados de las simulaciones se comparan con los resultados de experimentos reales. Las segundas ponen a prueba los modelos de una manera más directa, muestran hasta dónde las restricciones que fija el modelo son necesarias para dar cuenta del comportamiento de los fenómenos en cuestión. En caso de no poseer un modelo de los fenómenos, este tipo de simulaciones constituye una guía para la construcción de una representación teórica de los mismos (Cf. (Mauk 2000) y (Medina & Mauk 2000)). En el ámbito de la química también es muy utilizado este tipo de estrategia a fin de generar modelos alternativos y pautas para la elección de modelos.

Esta clasificación de las simulaciones ha atendido principalmente a las preguntas: ¿para qué se construyen las simulaciones computacionales? y ¿para qué se usan sus resultados?. En consecuencia, la clasificación no atiende a la arquitectura de las mismas. De hecho como ya señalamos, en términos de arquitectura algunas de estas simulaciones tampoco resultarían distinguibles. Particularmente, las técnicas involucradas en la primera categoría aparecen en la segunda y en la tercera. Por otra parte, la segunda y la

tercera categoría no presentan necesariamente diferencias en la arquitectura.

Otro aspecto que resulta sumamente importante, y al que esta clasificación tampoco es sensible, es el tipo de interfase que la simulación tiene con el científico. En la actualidad existe una creciente tendencia a presentar las simulaciones de modo visual. Esto es especialmente notable en la segunda y tercera categoría de simulaciones de la clasificación anterior. Esta característica resulta especialmente importante por la diferencia cognitiva que, por lo menos a nivel pragmático, tiene operar con imágenes y operar con ecuaciones. Así esta diferencia implica diferencias metodológicas no reflejadas en la taxonomía presentada.

Por último, quisiera señalar otra dificultad de la clasificación anterior. La misma se ha focalizado en lo que podríamos denominar simulaciones químicamente puras. 'Químicamente puras' significa en este contexto simulaciones que se realizan como tales a los efectos del cálculo, la puesta a prueba de modelos o la generación de nuevas representaciones, cuyos resultados serán utilizados luego en otras fases de la actividad científica, como el diseño de experimentos o la elaboración teórica. Sin embargo, este tipo de simulaciones constituye sólo una minúscula parte de las actividades científicas donde están involucradas simulaciones computacionales. Las simulaciones aparecen como parte del diseño de muchos experimentos, pero también son parte de la interfase que permite leer los datos de algunos instrumentos, son parte de la generación de imágenes, etc. Cuando incorporamos este tipo de roles para las simulaciones computacionales parece cada vez más complejo trazar alguna línea que divida simulaciones de técnicas computacionales de cálculo o cualquier otra

función instrumental de la computadora. Esta distinción estaba supuesta de alguna manera en la clasificación presentada. En estos casos las simulaciones son parte inextricable de prácticas observacionales o experimentales y vistas dentro del proceso de adquisición de datos estas simulaciones difícilmente puedan subsumirse en la clasificación anterior sin perder algunos aspectos metodológicos y epistemológicos muy relevantes de las mismas.

Algunos intentos de clasificación de simulaciones con cierta sensibilidad funcional han optado por clasificarlas según su relación con los experimentos reales. En particular tomando como criterio algo que podríamos llamar el nivel de virtualidad de estos experimentos. Desde esta perspectiva aparecen experimentos, simulaciones virtuales y experimentos híbridos. En trabajos anteriores (Velasco 2002), defendí la idea de que las simulaciones computacionales desde la perspectiva de su relación con el mundo material se encontraban en una zona intermedia entre los experimentos imaginarios y los experimentos 'reales'. Morgan (2003), tomando como base una idea similar, distingue además en el ámbito de las simulaciones entre 'experimentos virtuales' y 'virtualmente experimentos'. Sin embargo, este tipo de clasificación resulta aún más abstracta y general que la presentada, y no es muy esclarecedora desde una perspectiva metodológica.

Para finalizar, una taxonomía de este tipo de prácticas debiera sin lugar a dudas ser sensible a las limitaciones que señalé para la taxonomía presentada y muy especialmente a la última limitación. Sin embargo, podría sostenerse que las limitaciones planteadas podrían subsanarse a través de una taxonomía por niveles funcionales. De este modo la primera taxonomía presentada podría constituir un primer

nivel de clasificación, al que deberían agregarse nuevos niveles que atiendan a las dificultades planteadas. Sin embargo, la complejidad, la variedad y el permanente desarrollo de estas técnicas hacen imposible que este momento presente una taxonomía más sólida.

### ***2.5. Simulaciones: ¿representar o intervenir?***

En el ámbito filosófico ‘representación’ es sin lugar a dudas un concepto polisémico. Esto mismo ocurre aún en el interior de la filosofía de la ciencia, y más aún cuando la filosofía de la ciencia en cuestión mantiene estrechas relaciones con disciplinas como las ciencias cognitivas en general o la inteligencia artificial en particular. Esta variedad de significados no es sólo el producto de la diversidad de posiciones filosóficas con las que se encara un problema, sino que más bien se trata de una verdadera polisemia. Es verdad, sin embargo, que muchos significados tienen claros ‘aires de familia’, pero también es un hecho que aunque ‘representación’ resulte un concepto central en muchas discusiones filosóficas, este ha resultado un concepto sumamente esquivo para su caracterización.

Dentro de esta variedad de significados, este apartado pondrá especial atención en el concepto de representación que surge de la polaridad *representación – intervención*. En el marco de esta polaridad surge la pregunta de qué lado de la polaridad se instalan las simulaciones, y particularmente las simulaciones computacionales.

Este tipo de simulaciones plantea problemas epistemológicos por derecho propio. ¿Qué tipo de conocimiento nos brinda? ¿Los resultados de una simulación computacional nos brindan solamente conocimiento acerca de nuestras representaciones teóricas? ¿Cuál es

su justificación? Pero teniendo en mente la polaridad con la que iniciamos este apartado, y el hecho de muchas simulaciones hoy son parte esencial del contexto de intervención, surge la pregunta acerca de cómo afectan estas últimas nuestras prácticas interventivas.

Peter Galison coloca esta última pregunta en términos bastante dramáticos al sostener que “sin la ayuda de simulaciones computacionales, la cultura material de la microfísica de finales del siglo XX no sólo sería problemática, ella no existiría” (Galison 1997: 689). De este modo incorpora a las simulaciones computacionales al corazón de la cultura material, y a su vez las caracteriza como la “zona de intercambio” [*trading zone*] entre experimentalistas y teóricos. Son los ingenieros que diseñan las simulaciones los que funcionan como enlace entre ambas culturas, la cultura experimental y la cultura teórica. Esta caracterización, pone énfasis en el rol social de las simulaciones pero no ayuda mucho con las preguntas que planteamos antes.

Para aclarar un poco más el punto permítanme presentar algunas características que comparten muchas simulaciones y que llevan a las preguntas que antes formulamos.

1. Muchas simulaciones computacionales reemplazan soluciones analíticas inalcanzables por otros medios. Las reemplazan en el sentido de que brindan una aproximación empírica a la solución.
2. Por la heterogeneidad de componentes que involucra una simulación, así como por el tipo de aproximación que supone y de restricciones que utiliza para el tratamiento de los datos difícilmente



sería pensable que podamos convertir a una simulación en un argumento deductivo.

3. Más aún, puesto que en muchos casos no es posible seguir analíticamente una simulación computacional, la confiabilidad de sus resultados proviene de múltiples fuentes.
4. La confianza que tenemos en los modelos que las simulaciones generan es una práctica que depende de varios factores. Depende de nuestro conocimiento acerca de las computadoras y de las técnicas de graficación. Depende de la confianza que se tenga en los modelos involucrados, confianza que puede provenir de conocimiento obtenido por vía experimental. Pero también depende de la habilidad que posea el simulador, habilidad que podría analogarse con las habilidades de los experimentalistas. Habilidades prácticas que parecen no poder explicarse meramente como producto del conocimiento teórico.

Algunos métodos computacionales en ciencia podrían constituir genuinamente un nuevo método científico, que funciona como intermediario entre el experimento tradicional y el cálculo teórico abstracto. Pero también podríamos considerar a las simulaciones del mismo modo en que consideramos a los instrumentos de observación, los últimos extienden nuestras habilidades perceptuales y las simulaciones extienden nuestras habilidades de cálculo.

Así, estaríamos tentados a sostener que las simulaciones computacionales producen *representaciones* que son evaluadas a la luz de consideraciones que provienen de la teoría, a partir de generalizaciones empíricas, a partir de los datos disponibles o a partir de experiencias en la construcción de modelos para fenómenos similares en otros contextos. Pero también que nuestra confianza en las mismas involucra las habilidades de quienes diseñan la simulación, así como las habilidades del experimentalista entran en juego en el diseño y la ejecución de experimentos reales.

Esta breve caracterización de las simulaciones computacionales ha mostrado que las mismas se encontrarían en algo así como un lugar intermedio entre las representaciones y las intervenciones. Este lugar intermedio estaría dado por el modo en que se justifican sus resultados. De este modo parece que estaríamos dando una interpretación epistemológica de la metáfora sociológica de Galison que hace a las simulaciones “zona de intercambio”.

Pero volvamos a pensar a las simulaciones ahora en términos de la polaridad intervención – representación, teniendo en mente que la misma supone fuertemente la polaridad manipulación – lenguaje. Si enfatizamos la perspectiva de la manipulación, el supuesto lugar intermedio que tenían las simulaciones parece alejarse para tomar un lugar más cercano a las representaciones. Podría pensarse que las mismas tienen un lugar similar al que tienen las *aproximaciones* que permiten ir de teorías a experimentos. Pero si enfatizamos la perspectiva de la representación, las simulaciones parecen alejarse hacia el flanco de las intervenciones y parece plausible dimensionar el costado experimental de una expresión como *experimento virtual*.

La polaridad ha resultado una heurística interesante para guiar la investigación en filosofía de la ciencia, en historia de la ciencia y probablemente para los estudios sociales de la ciencia. Sin embargo, una vez que miramos más de cerca al contexto interventivo empieza a parecer que estas categorías han quedado demasiado acotadas para dar cuenta de la práctica científica, aunque difícilmente podemos eliminar la polaridad que estas categorías parecen suponer.

### **3. Simulaciones y experimentos imaginarios**

#### ***3.1. Las simulaciones como experimentos***

Recordemos aquí el tipo de preguntas que generaron las diferentes interpretaciones sobre los experimentos imaginarios. ¿Puede un experimento imaginario producir conocimiento nuevo? ¿Cuál es la función de los experimentos imaginarios? ¿Cuál es la relación de los experimentos imaginarios con los experimentos reales? Las respuestas a estas preguntas, tal como presentaron al principio de este capítulo, han variado desde los más rancios racionalismos hasta el más recalcitrante de los empirismos.

Ciertas analogías entre experimentos imaginarios y simulaciones ya han sido sugeridas por varios autores, como Simon (1996), Humphreys (1993) y con algo más de detalle por Di Paolo (2000). Sin embargo, debe señalarse una primera diferencia importante entre simulaciones y experimentos imaginarios. Las simulaciones vistas desde la perspectiva de los experimentos

imaginarios son experimentos imaginarios implementados dinámicamente. Es en este sentido que Hartmann (1996) define a las simulaciones como aquellos procesos a través de los cuales se imitan otros procesos. Para este autor 'proceso' aquí sólo remite a que el modelo está diseñado para imitar la evolución en el tiempo de un sistema real. Tomando esta definición de simulación podemos decir que cuando la simulación se realiza en una computadora nos encontramos frente a una simulación computacional. He elegido esta definición por tratarse de una definición con carácter general que no se apoya sólo en un rasgo que poseen algunas simulaciones, como puede ser el hecho de que no puedan seguirse analíticamente.

Volviendo a la analogía planteada entre simulaciones y experimentos imaginarios, las preguntas anteriores se pueden reformular de la siguiente manera: ¿Pueden las simulaciones computacionales generar conocimiento nuevo? ¿Cuál es la función de las simulaciones en ciencia? ¿Cuál es la relación entre las simulaciones y los experimentos reales?

En cuanto a la primera pregunta, sin duda la más importante de las tres, ha sido recurrente la posición que sostiene que las simulaciones computacionales no hacen más que lo que los programadores quieren que hagan, en consecuencia el conocimiento que puede obtenerse no puede ser diferente de aquel que está presupuesto en su construcción. Es difícil evaluar estas sugerencias y no hay un acuerdo en la literatura sobre la limitación de las computadoras en cuanto a lo que pueden simular. Es claro que, puesto que se admite que existen programas de computadoras que son tan complejos que su estado futuro no puede ser predicho por otra computadora o por un sistema natural, la noción misma de

‘conocimiento nuevo’ debe ser mejor precisada. ¿Es nuevo lo que no podemos predecir? o ¿es nuevo lo que no puede computar una máquina?. No tenemos evidencias de que la naturaleza esté más allá de cualquier sistema computacional y tampoco depende el impacto de las técnicas computacionales sobre la experimentación de que ‘nuevo’ signifique ‘incomputable’. Nuevo como impredecible basta para este propósito.

Retomemos la pregunta de un modo más radical: si las premisas son conocidas, -o de un modo más específico para el caso en cuestión, si son conocidos el *input* y las estructuras del sistema-, ¿el resultado no puede constituir un descubrimiento empírico?. Me gustaría apuntar algunas características que pueden tener estas simulaciones, y que en parte responden a la crítica anterior. Las simulaciones pueden permitirnos explorar los alcances y las limitaciones de los modelos teóricos, porque, por ejemplo, nos permiten variar los parámetros de la simulación hasta un punto tal que las mismas tengan un carácter netamente contrafáctico. Pero también permiten explorar situaciones escasamente conocidas, produciendo un mejor conocimiento de estas situaciones. Esto puede hacerse a través de modelos muy simplificados, que suponen un alto grado de idealización, o a través de modelos muy complejos que pretenden disminuir al máximo tal idealización. Además, las simulaciones permiten tratar situaciones con un grado de complejidad tal que hace difícil o imposible su tratamiento a través de otras técnicas analíticas. En estos casos decir que el producto de las simulaciones está presupuesto en su construcción tiene un sentido extremadamente débil. El desarrollo de sistemas que aprenden coloca a la crítica anterior en una situación aún más comprometida.

Por último, otra respuesta a la crítica señalada proviene de las simulaciones computacionales del campo de la Vida Artificial. Estas simulaciones, se sostiene, producen nuevo conocimiento pues el sistema computacional tiene como *output* ‘propiedades emergentes’ no codificadas originalmente. El argumento tiene las ventajas y las dificultades del conocido argumento análogo utilizado para rechazar el reduccionismo en el campo de la biología.

Por todo lo señalado la respuesta a la primera pregunta, si las simulaciones pueden producir conocimiento nuevo, es afirmativa, al menos en un sentido limitado de ‘nuevo’. Cognitivamente podría señalarse una interesante diferencia entre las simulaciones computacionales y los experimentos imaginarios. Las premisas de un buen experimento imaginario, que en general se encuentran expresadas explícitamente, parecen llevar directamente a la conclusión. Sin embargo, en una simulación computacional determinar el tipo de premisas involucradas requiere un análisis especial de la codificación y el modo en que el sistema funciona. Este rasgo llevó a que las simulaciones computacionales recibieran el nombre de “*experimentos imaginarios opacos*” (Di Paolo, Noble & Bullock 2000).

Ahora bien, si se acepta que las simulaciones computacionales producen conocimiento nuevo, la pregunta que uno se ve obligado a responder inmediatamente es qué tipo de conocimiento generan las simulaciones computacionales. Una primera respuesta, que se sigue de lo anterior, es que producen conocimiento teórico. Es decir, involucran manipulación y refinamiento teórico. Sin embargo, las simulaciones nos permiten también obtener conocimiento acerca de situaciones poco conocidas. Además, en la práctica, en algunas

ocasiones, ocupan el lugar de experimentos reales. En este último sentido podemos decir que las simulaciones computacionales nos permiten establecer vínculos entre nuestras teorías y el mundo. Esto sugiere un camino de respuesta a nuestra segunda y tercer pregunta, ¿cuál es la función de las simulaciones en ciencia?, y ¿cuál es la relación entre las simulaciones y los experimentos?

La perspectiva de los experimentos imaginarios parece apropiada para el análisis de las simulaciones computacionales que tienen las funciones descritas -esto es, la de explorar y refinar los modelos teóricos, o de aquellas que cumplen el rol de los experimentos reales. Esta última situación se da particularmente cuando no pueden realizarse experimentos reales por razones éticas, o por razones de seguridad, o cuando su ejecución se encuentra fuera de la capacidad experimental del momento.

Nótese que nuestras respuestas a las preguntas anteriores sólo han descartado la utilización de algunas posiciones extremas en la interpretación de los experimentos imaginarios para el análisis de las simulaciones computacionales. Por ejemplo, no podría sostenerse la analogía para aquellas interpretaciones que afirman que los experimentos imaginarios producen sólo conocimiento *a priori*, o aquellas que reducen los experimentos imaginarios a argumentos contrafácticos. En otras palabras, las simulaciones computacionales, en este contexto, pueden entenderse desde la perspectiva de los experimentos imaginarios, a menos que estos últimos se interpreten tal como lo hacen Koyré o Norton. Sin embargo, mi respuesta aún es compatible con una amplia gama de interpretaciones acerca de los experimentos imaginarios. Las simulaciones computacionales permiten una reorganización conceptual -tal como sostuvo Kuhn para

los experimentos imaginarios- siempre que esto no implique que ésta es su única función, pues estaríamos negando el rol de experimentos para las simulaciones computacionales.

En el próximo apartado veremos que una caracterización del tipo de simulaciones que forman hoy parte inextricable de la actividad experimental en física de altas energías o en química o en biología pondrá de manifiesto que la caracterización de las simulaciones en términos de experimentos imaginarios resulta, por lo menos, insuficiente.

### ***3.2. Las simulaciones como parte de experimentos***

A partir de la década del '60 del siglo XX paulatinamente fue incrementándose el uso de simulaciones computacionales dentro de la práctica experimental. Las herramientas matemáticas que permitieron el desarrollo de estas simulaciones se remontan por lo menos a la década del '40. En realidad muchas de las ideas matemáticas en las que se sustentan las simulaciones son muy anteriores a la década '40, pero recién cobraron relevancia cuando pudieron ser implementadas computacionalmente. (Cf. (Aspray 1990). “A partir de la década del '80 se ha vuelto inimaginable diseñar, realizar e interpretar experimentos de altas energías sin simulaciones [Monte Carlo], como lo sería proceder sin un detector físico” (Galison 1997: 779)

Las simulaciones computacionales son parte de la actividad experimental de diversas maneras. Son parte del diseño de experimentos, son parte del tratamiento de datos, son parte de la calibración de instrumentos, son parte del diseño de instrumentos, etc. Podríamos agrupar a las simulaciones de la siguiente manera, aunque



no se trata de una clasificación exhaustiva y además podemos encontrar simulaciones que pertenezcan a más de una categoría:

- Simulaciones para manipular equipos: los experimentos reales suelen estar precedidos por simulaciones que facilitan el aprovechamiento de instrumental disponible.
- Simulaciones que tienen principalmente la función de herramienta de cálculo.
- Simulaciones que generan modelos y eligen entre ellos según los criterios establecidos en la simulación.
- Simulaciones que a través de sucesivas ejecuciones con variaciones de parámetros permiten determinar el nivel de incidencia de ciertos factores en el fenómeno a estudiar.
- Simulaciones que permiten analizar datos obtenidos por vía experimental.

La historia de los experimentos que llevaron al descubrimiento de las corrientes neutras en física durante la década del 70 muestra simulaciones que cumplen cada una de las funciones descritas<sup>105</sup>.

Algunas de las funciones citadas arriba parece que podrían ser interpretadas, a través de nuestra analogía, como experimentos imaginarios cuya función es la de explorar los modelos teóricos. Una

---

<sup>105</sup> Para una historia de los experimentos citados que presta especial atención al uso de simulaciones computacionales cf. Galison, P. (1987) especialmente capítulo 4. Otras dos historias de estos experimentos, con fuertes sesgos filosóficos, son Franklin, A. (1990) y Pickering, A. (1984). En estas últimas, la incidencia de las técnicas computacionales en estos experimentos no es suficientemente destacada.

primera dificultad que surge para esta interpretación es que en muchos casos estas simulaciones no pueden seguirse analíticamente, sencillamente porque son demasiado complejas. Por otra parte, las simulaciones que han adquirido mayor peso en la actualidad son aquellas que utilizan los llamados métodos de Monte Carlo<sup>106</sup>. Estos métodos proveen soluciones aproximadas a ciertos tipos de problemas realizando ‘experimentos’ de muestreo estadístico a través de una computadora. El desarrollo continuo, así como la aplicación de estas técnicas comenzaron durante la producción de la bomba atómica en la II Guerra Mundial. En general, este tipo de simulaciones ha resultado de gran utilidad para el tratamiento de problemas que no eran abordables analíticamente y ha permitido el diseño de experimentos imposibles por otras vías. La gran eficiencia de este tipo de simulaciones para dar cuenta de fenómenos muy complejos se logra a costa de abandonar el ideal de resolución analítica. La eficacia de los métodos ha impuesto su uso, y el desarrollo de la teoría de la complejidad computacional ha dado nuevas bases para su aplicación.

A través de las simulaciones que utilizan técnicas de Monte Carlo podemos percibir la complejidad del tema que estamos abordando. Cuando se utilizan estas simulaciones para experimentos en detectores de partículas los resultados de las mismas pueden ser vistos como resultados de simples cálculos, como manipulación teórica, o como heurística para el descubrimiento. En este último sentido, resultados sucesivos de Monte Carlo pueden mostrar un

---

<sup>106</sup> Utilizo la expresión ‘Métodos de Monte Carlo’ de un modo general de tal forma que abarque diferentes técnicas de aproximación que en algunas ocasiones reciben otros nombres.

patrón que señala dónde es posible realizar el descubrimiento de una nueva partícula, o dónde es posible observar determinado proceso.

Obsérvese que en algunos de estos casos las simulaciones tienen una dimensión que en el análisis del apartado anterior no podía apreciarse. Los datos que permiten diseñar experimentos son obtenidos a través de simulaciones. En el propio diseño estos datos son tratados como si en realidad fueran datos obtenidos por vías ‘no artificiales’. De aquí que los resultados obtenidos en experimentos reales no sólo estén mediatizados por simulaciones, son en buena medida producto de las mismas.

A partir de esto, ahora resulta aún más claro que reducir las simulaciones computacionales a formas de experimentos imaginarios, o una versión más débil, aplicar el mismo análisis a uno y otro caso, no puede hacerse bajo todas las interpretaciones que los experimentos imaginarios han recibido. En el apartado anterior dejamos de lado aquellas que reducían los experimentos imaginarios a conocimiento *a priori* o a meros argumentos contrafácticos. Ahora, con más argumentos que antes, se deben abandonar todas las interpretaciones que ven en la expresión ‘experimentos imaginarios’ un desliz semántico, colocando toda la fuerza de la interpretación en imaginario más que en experimento.

Adviértase que he rechazado ciertas interpretaciones de los experimentos imaginarios como estrategia para abordar las simulaciones computacionales. Este hecho no dice nada *per se* de estas interpretaciones en tanto interpretaciones de los propios experimentos imaginarios. Aunque seguramente la analogía entre experimentos imaginarios y simulaciones pueda sostenerse en un sentido más amplio y menos estratégico que el que he utilizado aquí.

Así, asumiendo la variedad de experimentos imaginarios que ha mostrado la historia de la ciencia, es probable que, como aproximación general, deban dejarse de lado las mismas interpretaciones que hemos dejado de lado para las simulaciones computacionales. Esto sólo mostraría qué caminos parecen inadecuados para una caracterización de los experimentos imaginarios, no ofreciendo sin embargo una caracterización positiva de los mismos, así como tampoco se destacarían las diferencias señaladas entre experimentos imaginarios y simulaciones computacionales.

### ***3.3. Una perspectiva general***

Hasta aquí he tratado de mostrar el modo en que las simulaciones computacionales son parte de la actividad experimental. Ha sido el propio uso de esas simulaciones el que nos ha obligado a dejar de lado buena parte de la analogía entre experimentos imaginarios y simulaciones. Las simulaciones según su uso producen nuevo conocimiento y el mismo, en muchos casos, cumple el mismo rol que aquel obtenido a través de experimentos reales. Sin embargo, aunque he enfatizado el ‘rol de naturaleza’ para las simulaciones lo hemos hecho desde la perspectiva del uso. No he abordado otro nivel de análisis, el de los problemas ontológicos que producen los supuestos teóricos implícitos en las mismas. Los métodos de Monte Carlo, por ejemplo, se desarrollaron en el seno de un debate acerca de la naturaleza ontológica de este tipo de técnicas. Este debate aún continúa, aunque razones pragmáticas, basadas en la eficacia, han impuesto su uso. Sin embargo, a los fines de analizar el impacto que

ha tenido este tipo de técnica en la práctica experimental podemos dejar de lado por ahora este debate.

Dos datos sociológicos ayudarán a dejar más claro hasta dónde la incorporación de técnicas computacionales ha modificado las prácticas experimentales. El primero de ellos es que no puede soslayarse que hoy muchas disciplinas cuentan con áreas especializadas, como biología computacional, física computacional o química computacional. Estas áreas disciplinares se manifiestan a través de numerosas publicaciones periódicas de la especialidad. El otro dato es que las simulaciones computacionales han resultado ser uno de los mejores vehículos por los que se canalizan hoy las interacciones entre teóricos, ingenieros y experimentalistas.

Tomando la óptica de las simulaciones computacionales algunos aspectos de la relación teoría – experimentación pueden verse con otra perspectiva. Particularmente, cobran otra dimensión dos conceptos claves, el de aproximación y el de idealización. En una simulación computacional se realiza un recorte de los parámetros que tendrán relevancia. El modo en que se eligen y controlan los parámetros muestra el modo en que se aplican los conceptos de aproximación e idealización. Los resultados de estos recortes colocan a la simulación más cerca de la teoría o más cerca del experimento. Sin embargo, las simulaciones computacionales brindan nuevas posibilidades en este sentido y esto tiene impacto en dos conceptos claves para la filosofía de la ciencia, la simplicidad y la experimentación como control. Asimismo, en casos como el citado de los experimentos que llevaron a la aceptación de las corrientes neutras, los fenómenos son estabilizados a través de la comparación de los resultados obtenidos mediante sucesivas aplicaciones de Monte Carlo

y los resultados obtenidos en laboratorio. Como podemos apreciar tenemos una nueva forma de control para la estabilización de fenómenos.

Otro aspecto de las simulaciones computacionales que puede modificar la relación teoría – experimentación, y sin duda afecta a categorías como artificial – natural, es el rasgo ‘adaptativo’ de algunos sistemas computacionales. Cada vez son más los sistemas que se nutren de la interacción con el medio, especialmente aquellos desarrollados a través de redes neurales.

Para concluir podemos afirmar que la incorporación de estas técnicas ha establecido nuevos lazos entre teoría y experimento. Pero también agregan un nuevo matiz al concepto de intervención asociado con experimentación. Si tomamos la dicotomía entre representación e intervención sostenida por Hacking Hacking 1983/1996), este análisis ha mostrado el aspecto interventivo de las simulaciones. Mostrar este aspecto me ha llevado a una resignificación del concepto de intervención, que en alguna medida diluye la dicotomía. En otras palabras, una ‘intervención virtual’ está más atada a la noción de representación que una intervención real. Aunque muchas intervenciones reales se realizan sobre la base de intervenciones virtuales.

Si interpretamos las simulaciones computacionales acentuando su aspecto artificial o teórico, éste recaería sobre nuestra interpretación de los resultados de los experimentos reales que involucran simulaciones computacionales. Así, la perspectiva mostrada ha desdibujado en buena medida la frontera que separa lo natural de lo artificial. Aunque, después de todo, no habría que olvidar

que la experimentación nació con una alta cuota de artificialidad que los siglos han ido aumentando.

## **Consideraciones finales: repensando la experimentación desde el pragmatismo y el empirismo contemporáneo**

Quisiera hacer una pequeña recapitulación del camino recorrido hasta aquí. En el capítulo I y II presenté los aspectos generales, relevantes para el tema central de esta tesis, de la filosofía de Nicholas Rescher y de Bas van Fraassen. Estos dos filósofos son los representantes elegidos del pragmatismo y del empirismo respectivamente.

En el capítulo III se presentó una de las inferencias, la abducción, que permitiría relacionar resultados experimentales y teoría. La abducción fue originalmente analizada por Peirce, pero en virtud de que la caracterización que hace este autor presenta algunas dificultades, fue necesario evaluar algunas de las interpretaciones más importantes. Allí defendí que la abducción tiene en la obra de Peirce un rol fundamentalmente metodológico, y que este rol se da tanto en la generación de hipótesis, como en la selección de hipótesis para su posterior análisis y testeo. Pero, la abducción transmutó en la filosofía de la ciencia a inferencia a la mejor explicación. Ese cambio no fue solamente un cambio de nombre, sino que implicó también un cambio



en la caracterización. Durante las décadas de 1980 y 1990 la inferencia a la mejor explicación fue objeto de debate entre anti-realistas y realistas. Una buena parte de esa discusión puede entenderse como una discusión entre empiristas y pragmatistas. Si bien la inferencia a la mejor explicación, tal como es entendida en estos últimos debates, no tiene demasiado interés en relación con la temática de esta tesis, resultaba importante señalar, por un lado, las diferencias que ésta tenía con la abducción, y por el otro, señalar las posiciones que pragmatistas y empiristas tenían respecto de este punto porque estas posiciones dan indicios interesantes para comprender las posiciones adoptadas frente a otros tópicos más relevantes en este contexto.

El capítulo IV estuvo enteramente dedicado a una teoría particular de la confirmación científica, la teoría *bootstrap* de la confirmación. El testeo de teorías es uno de los roles centrales de la experimentación, y la confirmación científica ha sido uno de los problemas clásicos más importantes dentro de la filosofía de la ciencia. Sin embargo, las teorías clásicas de la confirmación habían mostrado serias limitaciones. La teoría *bootstrap* de la confirmación se presenta como una alternativa frente a éstas. Más allá de las fortalezas y debilidades de la teoría *bootstrap* de confirmación, en el contexto de las prácticas experimentales resulta particularmente interesante, especialmente por las ideas centrales en las que se apoya y no tanto por su versión formal. Las ideas centrales del *bootstrap* están conformadas por las siguientes características de las relaciones de evidencia:

- a) la confirmación es relativa,

- b) las relaciones de confirmación siempre involucran más conocimiento teórico que el de la hipótesis a confirmar (esto es, la confirmación es una relación triádica entre la hipótesis a confirmar, la evidencia, y el cuerpo teórico necesario para derivar las instancias de la hipótesis a confirmar)
- c) a pesar de que la relación de confirmación no se da sólo entre la hipótesis a confirmar y la evidencia, es posible evitar la consecuencia del holismo que impide determinar dónde está el problema en el caso de confirmaciones negativas,
- d) la confirmación puede ser evaluada en grados (no solamente confirmado-disconfirmado),
- e) aumenta el grado de confirmación frente a evidencia proveniente de diversas fuentes
- f) es posible establecer a través de las condiciones *bootstrap* confirmaciones indirectas

Estas características del *bootstrap* la muestran como un desarrollo importante en relación con los procesos de generación de evidencia, y respecto de la complejidad que involucran las relaciones evidenciales.

El capítulo V realizó una evaluación histórica de la aparición de la epistemología de la experimentación. Se relevaron las diferentes líneas y disciplinas que confluyeron en el inicio de la misma y en la medida de lo posible, dada la escasa distancia temporal, una evaluación prospectiva de la disciplina.

El capítulo VI presentó diferentes aspectos de la actividad experimental, dividiendo a la actividad en diferentes fases. Sin bien es

imposible realizar un relevamiento exhaustivo de todos los tópicos con relevancia epistemológica en torno de las prácticas experimentales, he intentado seleccionar aquellos que he considerado más importantes. A partir de este capítulo es posible sacar algunas conclusiones en relación con las prácticas experimentales. En primer lugar, la variedad de roles que la experimentación cumple dentro de la empresa científica contrasta fuertemente con la imagen que nos había dado la filosofía de la ciencia tradicional. A su vez, esta diversidad de roles ha puesto de manifiesto, entre otras cosas, que los tradicionales contextos de la filosofía de la ciencia, descubrimiento y justificación, presentan problemas a la hora de dar cuenta de cómo la experimentación tiene un rol activo en la creación de conceptos, entidades y teorías.

El capítulo VII presentó a los experimentos imaginarios y a las simulaciones computacionales desde una perspectiva especialmente sensible a relación con la actividad experimental. En una primera aproximación podría pensarse que en el camino que va desde las teorías a los experimentos, los experimentos imaginarios y las simulaciones computacionales se encuentran en la mitad del camino. Así una secuencia natural podría ser teorías, experimentos imaginarios, simulaciones computacionales, experimentos materiales. El capítulo intentó mostrar que esta ordenación está principalmente basada en algo así como la distancia que hay entre la teoría y el plano material, destacando de este modo un aspecto importante tanto de los experimentos imaginarios como de las simulaciones computacionales. Sin embargo, el rol que cumplen tanto las simulaciones como los experimentos imaginarios hace que las interrelaciones sean más complejas que lo que esta secuenciación muestra. En particular, estos

experimentos pueden funcionar como diseños experimentales o como testeo de diseños experimentales, mientras que las simulaciones computacionales pueden tener el rol de experimentos materiales y también en algunos casos ser parte de los propios experimentos. Ambos roles de las simulaciones computacionales agregan nuevas dificultades a la evaluación de resultados experimentales. A su vez, las simulaciones computacionales, son un buen ejemplo de algunas diferencias metodológicas de la experimentación contemporánea respecto de la experimentación clásica.

Según los objetivos que me había propuesto, quedan aún dos preguntas importantes por responder. La primera, qué es la experimentación para las versiones contemporáneas del pragmatismo y del empirismo. La segunda, cuáles son los alcances y los límites de la conceptualización cada una de esas dos importantes tradiciones a la luz del camino recorrido.

Si bien el empirismo ha sido el que ha mantenido más claramente el rol de testeo para la experimentación, tratando de evitar las consecuencias del holismo y el relativismo, ha tenido, en general, serios problemas para dar cuenta de las actividades experimentales. En parte esto se debe a uno de sus presupuestos básicos: todo nuestro conocimiento proviene de, y se legitima en, la experiencia sensible. El problema se debe fundamentalmente a la tensión que existe entre experimentar y experimentar.

Van Fraassen, uno de los más robustos empiristas contemporáneos, ha caracterizado a la experimentación de la siguiente manera:

En la construcción de teorías, la experimentación tiene una significación doble: probar la adecuación

empírica de la teoría, en tanto ha sido desarrollada hasta ahora, y llenar los espacios en blanco, esto es, ser la guía para proseguir o culminar la construcción de teoría (van Fraassen 1980/1996: 99).

Una caracterización parecida se encuentra también en *Laws and Symmetry* (1989: 230-232).

A su vez, sostiene van Fraassen, “para el científico, la verdadera importancia de la teoría es que constituye un factor en el diseño experimental” (van Fraassen 1980/1996: 98).

La primera cita aparece en el apartado “La metodología y el diseño experimental”, del capítulo IV “El empirismo y la metodología científica” de *La imagen científica*. Sin embargo, la función de testeo para la experimentación se inscribe en una conceptualización clásica donde los procesos de generación de la evidencia no adquieren relevancia epistemológica. No existe, por parte de van Fraassen, una evaluación metodológica de cómo los informes experimentales pueden efectivamente testear la adecuación empírica de una teoría.

La segunda función, llenar los blancos de la teoría, supone que las teorías dejan valores sin determinar que sólo podrían determinarse experimentalmente. El ejemplo típico es el valor de las constantes. Por ejemplo, la teoría newtoniana sostiene que fuerza gravitacional es:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

La idea de van Fraassen es que G tiene un valor que no puede ser determinado por la teoría y que, entonces, debe ser determinado experimentalmente. Hasta allí, no parece haber problemas. La

dificultad en su interpretación radica principalmente en que esto significa que “hacemos teoría por otros medios”. Determinar el valor de las constantes no es precisamente hacer teoría. La determinación de valores cada vez más precisos ha adquirido una independencia de las teorías científicas cada vez más clara, aunque los valores obtenidos son de notable importancia en el diseño de experimentos. El ejemplo de van Fraassen es el de la medición de la carga eléctrica del electrón. Como mostré en el capítulo VI, podría sostenerse que Millikan testeó la hipótesis que sostenía que los electrones estaban cargados eléctricamente. Pero además testeó la cuantización de la electricidad. Sin embargo, el valor que obtuvo para la carga del electrón difícilmente podríamos llamarlo hacer teoría. Por otra parte, el modo de hablar de van Fraassen deja claramente fuera de la imagen de la ciencia el proceso de la medición de la carga eléctrica. Este proceso implicó la confluencia de diversos factores: variados niveles de teoría, rediseño de instrumentos, aplicación de metodologías para tratamiento de datos, e incidencia de algunos factores externos.

Por otra parte, el empirismo constructivo mantuvo dentro del contexto de justificación todos los tópicos con relevancia epistemológica, siguiendo la vieja idea reichenbachiana. Esto quedó claramente de manifiesto en la oposición a cualquier forma de inferencia a la mejor explicación. Además, el modo en que desde el empirismo, en este caso instanciado a través de John Norton, se interpretan los experimentos imaginarios tiene algunas dificultades. El problema radica en que, al no ser más que argumentos –si no lo fueran debieran reconocer otra fuente de conocimiento diferente de la experiencia sensible–, no hay posibilidad de mostrar cómo los

experimentos imaginarios pueden tener alguna incidencia en las prácticas interventivas, ni cuál es su valor cognitivo.

Por razones similares, en una aproximación empirista no se podría explicar por qué las simulaciones computacionales pueden ser parte de exitosas “intervenciones”.

El pragmatismo, por otro lado, ganó mucho terreno en estas temáticas. La propia idea de práctica científica es una arena propicia para un crecimiento del pragmatismo. Especialmente porque el pragmatismo, en casi todas sus variantes, definió a la creencia en términos de guía para la acción. Sin embargo, este crecimiento del pragmatismo no ha conllevado necesariamente a una caracterización más acabada de las prácticas experimentales.

Gran parte de la filosofía de la ciencia, y más particularmente algunas corrientes en sociología del conocimiento pero con especial sensibilidad “epistemológica”, ha llevado la idea de prácticas científicas a un terreno en el que difícilmente resulten en una categorización fértil para dar cuenta de la mayor parte de los roles de la experimentación que se presentaron en los capítulos anteriores. La dificultad radica en que el concepto de evidencia ha sido diluido de tal forma –en algunos casos directamente eliminado– que las prácticas experimentales son equiparables metodológica y epistemológicamente con cualquier otra actividad, incluidas actividades bastante alejadas de las actividades científicas.

Sin embargo, hay otras formas de pragmatismo. Una versión de las ideas pragmatistas ha tenido una sensibilidad por los métodos de tal forma que resulta más apropiada para el análisis de las prácticas experimentales. Tal es el caso del pragmatista que he elegido como

representante, Nicholas Rescher. Esto ha quedado de manifiesto en varios de los tópicos que he desarrollado en capítulos anteriores, la abducción, los experimentos imaginarios, y, en parte, las simulaciones computacionales.

Sin embargo, Nicholas Rescher tiene en su pensamiento una impronta idealista que funciona como un obstáculo para la formulación de ciertos problemas. Esta impronta, que según el propio Rescher es el producto de la influencia del neohegelianismo inglés, se hace particularmente patente en su teoría coherentista de la verdad<sup>107</sup>. El coherentismo, fundamentalmente como estrategia metodológica, resulta muy fructífero para explicar diversos aspectos de la actividad científica. En particular, es clara cierta forma de coherentismo involucrada dentro de la estrategia de confirmación *bootstrap*, así como en actividades como el diseño experimental. Pero el coherentismo obra como obstáculo para acceder al mundo empírico en general y para explicar por qué ciertas formas de acceso son más exitosas que otras.

El pragmatismo metodológico de Rescher ha intentado salvar esta dificultad de dos maneras. Por un lado, a través de la justificación pragmática de los métodos y, por otro lado, mediante una forma de naturalización de la filosofía. Sin embargo, ninguna de estas estrategias permiten un claro acceso al mundo empírico, así como tampoco evitan cierta forma de circularidad, un serio problema de aqueja al coherentismo.

---

<sup>107</sup> Es interesante notar que cierta forma de coherentismo ha atravesado a gran parte del pragmatismo, esto es particularmente notorio en el caso de William James.



La otra limitación del pragmatismo metodológico es su carácter fuertemente conservador. El modo en que se aceptan los datos, en el sentido técnico explicado en el capítulo I, hace aparecer como muy improbable que un cambio teórico tenga como fuente un resultado experimental. ¿Cómo entonces, en este marco, podría la experimentación guiar la construcción de teorías? ¿Cómo un resultado experimental podría ser sorprendente, dado que los filtros lo eliminarían como tal dentro del sistema?

Así, la construcción versiones robustas, tanto del pragmatismo como del empirismo, necesitará numerosos ajustes a fin de que las mismas sean sensibles a la imagen que la epistemología de la experimentación está ofreciendo. Aunque parece algo más promisorio la posibilidad del pragmatismo.

Pero por otra parte, la propia epistemología de la experimentación tiene aún mucho camino por recorrer. Algunas de las limitaciones que plateáramos para el pragmatismo y para el empirismo, están en directa relación con una dificultad con la que la epistemología de la experimentación se ha enfrentado. Esta tiene que ver una tendencia hacia las filosofías de las ciencias locales, abandonándose la empresa de una filosofía de la ciencia general. Las distintas disciplinas, las distintas culturas científicas, las diferentes problemáticas científicas, han mostrado un nivel de complejidad y una cierta independencia que se resiste a entrar en un molde de tipo general. Esto constituye también una importante limitación para el alcance del presente trabajo.

Además, a lo largo de la tesis, y especialmente en el capítulo VI, los ejemplos usados para diversos aspectos de las prácticas experimentales corresponden a períodos históricos bastante alejados

entre sí. Esto se justifica nuevamente en el intento de alcanzar una caracterización general. Sin embargo, algunos aspectos presentados sólo corresponden a prácticas experimentales contemporáneas, y es especialmente cierto respecto de las simulaciones computacionales. En esta dirección comienzan a aparecer investigaciones que tienen intentos de periodización de metodologías y de técnicas en el uso de instrumentos. Pero la temática tiene una complejidad que requerirá aún mucha investigación histórica y filosófica.

Por otra parte, la diversidad de roles que la experimentación cumple dentro de la actividad científica, la multiplicidad de niveles teóricos que están involucrados en el diseño y ejecución de experimentos, la diversidad de estrategias metodológicas que entran en juego, hacen que la distinción entre representación e intervención se vuelva muy difusa. Estas han resultado categorías fértiles para el análisis, pero las interacciones entre las mismas han mostrado que no es posible mantener una polaridad demasiado estricta.

A pesar de todas estas limitaciones creo haber mostrado que estas áreas de las prácticas científicas están arrojando nuevas luces sobre viejos problemas filosóficos en torno de la ciencia, y también están planteando nuevos desafíos para la filosofía de la ciencia. Aunque, sin dudas, la mayor parte de estos problemas requiere aún de más investigación.

## Bibliografía

**Nota:** La bibliografía se encuentra ordenada alfabéticamente por autor, los números entre paréntesis corresponden al año de publicación. Cuando se encuentran dos números, el primero corresponde al año de publicación original y el segundo a la edición que efectivamente tuve en mano. En consecuencia, la paginación citada se corresponde con el segundo año, si lo hubiera. Las traducciones de todas las citas en las que se referencia una obra en inglés me pertenecen.

Aliseda, A. (1997). *Seeking Explanations: Abduction in Logic, Philosophy of Science and Artificial Intelligence*. Universiteit van Amsterdam.

Aspray, W. (1990). *John von Neumann and the Origins of Modern Computing (History of Computing)*. MIT Press.

Baker, L. M. - Dunbar, K. (2000). "Experimental Design Heuristics for Scientific Discovery: The Use of Baseline and Known Controls". *International Journal of Human Computer Studies* 53:335-49.

- 
- Bokulich, A. (2001). "Rethinking Thought Experiment". *Perspectives on Science* 9(3):285-307.
- Bonjour, L. (1976). "Rescher's Idealistic Pragmatism". *The Review of Metaphysics* XXIX:702-26.
- Borsboom, D.- Mellenbergh, G. - van Heerden, J. (2002). "Functional Thought Experiments". *Synthese* 130:379-87.
- Brown, J. R., (Ed.). (1984). *Scientific Rationality: The Sociological Turn*. Reidel.
- Brown, J. R. (1991a). *The Laboratory of Mind: Thought Experiments in the Natural Sciences*. Routledge.
- Brown, J. R. (1991b). "Thought Experiments: A Platonic Account". En Horowitz, T. - Massey, G. J. (Eds.) *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Rowman and Littlefield: 119-28.
- Brown, J. R. (1992). "Why Empiricism Won't Work". *PSA* 1992:271-79.
- Cartwright, N. (1983). *How the Laws of Physics Lie*. Oxford University Press.
- Cartwright, N. (1989). *Nature's Capacities and their Measurement*. Clarendon Press.
- Christensen, D. (1983). "Glymour on Evidential Relevance". *Philosophy of Science* 50:322-25.
- Christensen, D. (1990). "The Irrelevance of Bootstrapping". *Philosophy of Science* 50(644-662).
- Churchland, P. - Hooker, C., (Eds). (1985). *Images of Science: Essays on Realism and Empiricism*. Chicago University Press.

- 
- Collins, H. M. (1975). "The Seven Sexes: A Study in the Sociology of a Phenomenon or the Replication of Experiments in Physics". *Sociology* 9:205-24.
- Collins, H. M. (1985). *Changing Order*. Sage Publications.
- Crease, R. (2003). *The Prism and the Pendulum : The Ten Most Beautiful Experiments in Science*. Random House.
- Crombie, A. C. (1953). *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science*. Clarendon Press.
- Crombie, A. C. (1995). *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: The History of Argument and Explanation Especially in the Mathematical and Biomedical Sciences and Arts*. Duckworth Publishing.
- Day, T. - Kincaid, H. (1994). "Putting Inference to the Best Explanation in Its Place". *Synthese* 98:271-95.
- Di Paolo, E.- Noble, J. - Bullock, S. (2000). "Simulation Models as Opaque Thought Experiments". En *Artificial Life VII. The 7th International Conference on the Simulation and Synthesis of Living Systems*. Reed College.
- Duhem, P. (1906/1982). *The Aim and Structure of Physical Theory*. Princeton University Press.
- Dunbar, K. (1995). "How Scientifics Really Reason: Scientific Reasoning in Real-World Laboratories". En Sternberg, R. - Davidson, J. (Eds.) *Mechanisms of Insight*. MIT Press: 365-95.
- Dunbar, K. (1999). "How Scientist Build Models: InVivo Science as a Window on the Scientific Mind". En Magnani, L.- Nersessian,

- 
- N. - Thagard, P. (Eds.) *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*. Plenun Press: 89-98.
- Dunbar, K. - Blanchette, I. (2001). "The Invivo/Invitro Approach to Cognition: The Case of Analogy". *Trends in Cognitive Science* 5:334-39.
- Earman, J. - Glymour, C. (1988). "What Revisions Does Bootstrap Testing Need? A Reply". *Philosophy of Science* 55:260-64.
- Fann, K. T. (1970). *Peirce's Theory of Abduction*. The Hague.
- Feynman, R. (2000). *¿Está usted de broma, Sr. Feynman?* Alianza.
- Fisher, R. (1947). *The design of experiments*. Oliver and Boyd.
- Flach, P. - Kakas, A. (2000). "Abductive and Inductive Reasoning: Background and Issues". En Flach, P. - Kakas, A. (Eds.) *Abduction and Induction: Essays on Their Relation and Integration*. Kluwer: 1-27.
- Fox Keller, E. (2003). "Models, Simulation, and 'Computer Experiments'". En Radder, H. (Eds.) *The Philosophy of Scientific Experimentation*. University of Pittsburgh Press: 198-215.
- Franklin, A. (1986). *The Neglect of Experiment*. Cambridge University Press.
- Franklin, A. (1990). *Experiment, Right or Wrong*. Cambridge University Press.
- Franklin, A. (1997). "Millikan's Oil-Drop Experiments". *The chemical educator* 2(1).
- Franklin, A. (2002). "Física y experimentación". *Theoria* 17/2(44):221-42.

- Friedman, M. (1982). "Review of Bas Van Fraassen's: The Scientific Image". *Journal of Philosophy* 79:274-83.
- Galilei, G. (1628/1996). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Planeta-De Agostini.
- Galison, P. (1987). *How Experiments End*. The University of Chicago Press.
- Galison, P. (1989). "Artificial Clouds, Real Particles". En Gooding, D.- Pich, T. - Schaffer, S. (Eds.) *The Uses of Experiment*. Cambridge University Press: 225-76.
- Galison, P. (1997). *Image and Logic. A material Culture of Microphysics*. The University of Chicago Press.
- Giere, R. N. (1988). *Explaining Science. A Cognitive Approach*. University of Chicago Press.
- Glender, T. S. (1998a). "Galileo and the Indispensability of Scientific Thought Experiment". *British Journal for the Philosophy of Science*:397-424.
- Glender, T. S. (2002b). "Thought Experiment". En *Encyclopedia of Cognitive Science*. Nature/Routledge.
- Glender, T. S. (en prensa-c). "Thought Experiment Rethought - and Reperceived". *Philosophy of Science*.
- Glymour, C. (1980). *Theory and Evidence*. Princeton University Press.
- Glymour, C. (1983a). "Discussion: Revisions of Bootstrap Testing". *Philosophy of Science* 50:626-29.

- 
- Glymour, C. (1983b). "On Testing and Evidence". En Earman, J. (Eds.) *Testing Scientific Theories*. University of Minnesota Press.
- Glymour, C.- Scheines, R.- Spirtes, P. - Kelly, K. (1987). *Discovering Causal Structure*. Academic Press.
- Godin, B. - Gingras, Y. (2002). "The Experimenters' Regress: From Skepticism to Argumentation". *Studies in History and Philosophy of Science* 33:137-52.
- Gooding, D. (1992a). "The Procedural Turn; or, Why Do Thought Experiments Works?" En Giere, R. (Eds.) *Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science, XV*. University of Minnesota Press: 45-76.
- Gooding, D. (1992b). "Putting Agency Back Into Experiment". En Pickering, A. (Eds.) *Science as Practice and Culture*. The University of Chicago Press: 65-112.
- Gooding, D. (1992c). "What is Experimental About Thought Experiments?" En *PSA 1992*: 280-90.
- Gooding, D. (1998). "Picturing Experimental Practice". En Heidelberg, M. - Steinle, F. (Eds.) *Experimental Essays - Versuche Zum Experiment*. Nomos Verlagsgesellschaft: 298-332.
- Gooding, D. (2003). "Varying the Cognitive Span: Experimentation, Visualisation and Computation". En Radder, H. (Eds.) *The Philosophy of Scientific Experiment*. University of Pittsburgh Press: 255-83.



- 
- GraBhoff, G. - May, M. (1995). "From Historical Case Studies to Systematic Method of Discovery". *Working Notes, AAAI Spring Symposium on Systematic Methods of Scientific Discovery*.
- Grant, E. (1971). *Physical Science in the Middle Age*. Cambridge University Press.
- Gross, P.- Levitt, N. - Lewis, M., (Eds). (1996). *The Flight from Science and Reason*. The New York Academy of Science.
- Haack, S. (1978/1982). *Filosofía de las lógicas*. Cátedra.
- Hacking, I. (1983/1996). *Representar e intervenir*. Paidós.
- Hacking, I. (1988a). "On the Stability of the Laboratory Science". *Journal of Philosophy* LXXXV(10):507-14.
- Hacking, I. (1988b). "The Participant Irrealist At Large in the Laboratory". *British Journal for the Philosophy of Science*. 39:277-94.
- Hacking, I. (1988c). "Philosophers of Experiment" En *PSA 1988, V2*: 277-94.
- Hacking, I. (1992). "'Style' for Historians and Philosophers". *Studies in History and Philosophy of Science* 23(1):1-20.
- Hacking, I. (1992/1999). "La autojustificación de las ciencias de laboratorio" En Abrogí, A. (Eds.) *Filosofía de la ciencia: el giro naturalista*. Universitat de les Illes Balears.
- Hacking, I. (1999). *The Social Construction of What?* Harvard University Press.
- Harman, G. (1965). "The Inference to the Best Explanation". *The Philosophical Review*:88-95.

- 
- Harré, R. (2003). "The Materiality of Instruments in Metaphysics for Experiments". En Radder, H. (Eds.) *The Philosophy of Scientific Experimentation*. University of Pittsburgh Press: 19-38.
- Hartmann, S. (1996). "The World as a Process. Simulations in the Natural and Social Science". En Hegselmann, R.- Mueller, U. - Troitzsch, K. (Eds.) *Modelling and Simulation in the Social Science from the Philosophy of Science Point of View*. Kluwer.
- Holmes, F. (1980). "Hans Krebs and the Discovery of the Ornithine Cycle". En *Proceeding 63rd Annual Meeting of the Federation of American Societies for Experimental Biology*: 216-25.
- Holmes, F. (1991). *Hans Krebs : The Formation of a Scientific Life 1900-1933*. Oxford University Press.
- Holmes, F. (1992). "Manometers, Tissue Slices, and Intermediary Metabolism". En Clarke, A. E. - Fujimura, J. (Eds.) *The Right Tools for the Job*. Princeton University Press.
- Holton, G. (1969/1980). "Einstein, Michelson y el experimento 'crucial'". En *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Alianza: 204-93.
- Holton, G. (1978). "Subelectrons, Presuppositions, and the Millikan-Ehrenhaft Dispute". En Holton, G. (Eds.) *The Scientific Imagination: Case Studies*. Cambridge University Press.
- Horowitz, T. - Massey, G. J., (Eds.). (1991). *Thought Experiments in Science and Philosophy*. Rowman and Littlefield.
- Humphreys, P. (1991). "Computer Simulations". *PSA 1990* 2:497-506.

- 
- Humphreys, P. (1993). "Seven Theses on Thought Experiments". En Earman, J.- Janis, N.- Massey, G. J. - Rescher, N. (Eds.) *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds*. University of Pittsburgh Press: 205-27.
- Jeffrey, R. (1983). "Bayesianism with a Human Face". En Earman, J. (Eds.) *Testing Scientific Theories*. University of Minnesota Press.
- Josephson, J. R. - Josephson, S., Eds. (1994). *Abductive Inference*. Cambridge University Press.
- Kapitan, T. (2000). "Abduction as Practical Inference". *The Digital Encyclopedia of Charles S. Peirce* <http://www.digitalpeirce.fee.unicamp.br/home.htm> (con acceso 11/6/2004).
- Kitcher, P. - Salmon, W. (1987). "Van Fraassen on Explanation". *The Journal of Philosophy* 84(6):315-30.
- Klahr, D. (2000). *Exploring science. The cognition and development of discovery processes*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Klahr, D.- Fay, A. - Dunbar, K. (1993). "Heuristics for Scientific Experimentation: A Developmental Study". *Cognitive Psychology* 25:111.146.
- Koyré, A. (1953/1977a). "Un experimento de medición". En Koyré, A. (Eds.) *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo XXI.
- Koyré, A. (1960/1977b). "El De Motu Gravium de Galileo: del experimento imaginario y de su abuso". En *Estudios de la historia del pensamiento*. Siglo XXI.

- 
- Koyré, A. (1980c). *Estudios Galileanos*. Siglo XXI.
- Kuhn, T. S. (1962/1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. S. (1964/1982). "La función de los experimentos imaginarios". En Kuhn, T. S. (Eds.) *La tensión esencial*. Fondo de Cultura Económica.
- Kujundzic, N. (1998). "The Role of Variations in Thought Experiments". *International Studies in the Philosophy of Science* 12(3):239-43.
- Kukla, A. (1998). *Studies in Scientific Realism*. Oxford University Press.
- Kulkarni, D. - Simon, H. (1988). "The Processes of Scientific Discovery: The Strategy of Experimentation". *Cognitive Science* 12:139-75.
- Kulkarni, D. - Simon, H. (1990). "Experimentation in Machine Discovery". En Shrager, J. - Langley, P. (Eds.) *Computational Models of Scientific Discovery and Theory Formation*. Morgan Kaufman: 255-74.
- Ladyman, J. - Douven, I. (1997). "A Defence of Van Fraassen's Critique of Abductive Inference: Reply to Psillos". *Philosophical Quarterly* 47(188):305-21.
- Langley, P.- Simon, H. - Bradshaw, G. (1987). *Scientific Discovery: Computational Explorations of the Creative Processes*. MIT Press.
- Latour, B. (1987). *Science in Action*. Harvard University Press.
- Latour, B. (1999/2001). *La esperanza de Pandora*. Gedisa.

- 
- Latour, B. - Woolgar, S. (1979/1986). *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts*. Princeton University Press.
- Laudan, L. (1974/1981). "Peirce and the Trivialization of the Self Correcting Thesis". En *Science and Hypothesis*. Reidel.
- Laudan, L. (1977). *Progress and Its Problems*. University of California Press.
- Le Grand, H. E., (Ed.). (1990). *Experimental Inquiries: Historical, Philosophical and Social Studies of Experimentation in Science*. Kluwer.
- Leeds, S. (1994). "Constructive Empiricism". *Synthese* 102(2):187-222.
- Lipton, P. (1991). *Inference to the Best Explanation*. Routledge.
- Lipton, P. (1993). "Is the Best Good Enough?". *Proceedings of the Aristotelian Society* XCII:89-104.
- Mach, E. (1897/1948). *Conocimiento y error*. Espasa-Calpe.
- Mauk, M. (2000). "The Potencial Effectiveness of Simulations Versus Phenomenological Models". *Nature neuroscience* 3(7):649-51.
- Maxwell, G. (1962/1989). "El estatus ontológico de las entidades teóricas". En Olivé, L. - Pérez Ransanz, A. (Eds.) *Filosofía de la ciencia: teoría y observación*. Siglo XXI.
- Mayo, D. (1996). *Error and the Growth of Experimental Knowledge*. Chicago University Press.
- Medina, J. - Mauk, M. (2000). "Computer Simulation of Cerebellar Information Processing". *Nature neuroscience supplement* 3:1205-11.

- 
- Nersessian, N. (1992). "In the Theoretician's Laboratory: Thought Experimenting as Mental Modeling". *PSA 1992*:291-301.
- Newton, I. (1687/1993). *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Tecnos.
- Norton, J. D. (1991). "Thought Experiments in Einstein's Work". En Horowitz, T. - Massey, G. J. (Eds.). Rowman and Littlefield: 129-48.
- Norton, J. D. (1996). "Are Thought Experiments Just What You Thought?". *Canadian Journal of Philosophy* 26(3):333-66.
- Norton, J. D. (2002). "On Thought Experiments: Is There More to the Argument?" En *PSA 2002*.
- Norton, J. D. (2003). "Why Thought Experiments Do not Transcend Empiricism". En Hichcock, C. (Eds.) *Contemporary Debates in the Philosophy of Science*. Blackwell.
- Okasha, S. (2000). "Van Fraassen's Critique of Inference to the Best Explanation". *Studies in History and Philosophy of Science* 31(4):691-710.
- Peirce, C. S. (1931/1958). *Collected Papers of Charles Sanders Peirce* Hartshorne, Hartshorne, C.; Weiss, P. (Vol.I-VI); Burks, A. (VII-VIII). (Eds.). Harvard University Press.
- Pickering, A. (1984). *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*. Chicago University Press.
- Pickering, A. (1989). "Living in the Material World". En Gooding, D.-Pich, T. - Schaffer, S. (Eds.). *The Uses of Experiment*. Cambridge University Press.

- 
- Popper, K. (1934/1977). "Sobre el uso y el abuso de experimentos imaginarios, especialmente en la teoría cuántica". En *La lógica de la investigación científica*. Tecnos.
- Psillos, S. (1996). "On Van Fraassen's Critique of Abductive Reasoning". *Philosophical Quarterly* 46(182):31-47.
- Radder, H. (1992). "Experimental Reproducibility and Experimenters' Regress". *PSA 1992* 1:63-73.
- Radder, H. (2003). "Toward a More Developed Philosophy of Scientific Experimentation". En Radder, H. (Eds.) *The Philosophy of Scientific Experimentation*. University of Pittsburgh Press: 1-18.
- Rappaport, S. (1996). "Inference to the Best Explanation: Is It Really Different from Mill's Methods". *Philosophy of Science* 63(1):65-80.
- Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction*. University of Chicago Press.
- Rescher, N. (1973). *The Coherence Theory of Truth*. Oxford University Press.
- Rescher, N. (1973/1980). *La primacía de la práctica*. Tecnos.
- Rescher, N. (1976). *Plausible Reasoning*. Van Gorcum.
- Rescher, N. (1977). *Methodological Pragmatism*. Blackwell.
- Rescher, N. (1978). *Peirce's Philosophy of Science*. University of Notre Dame Press.
- Rescher, N. (1979/1981). *Sistematización cognoscitiva*. Siglo XXI.
- Rescher, N. (1987). *Scientific Realism*. Reidel.

- 
- Rescher, N. (1992). *A System of Pragmatic Idealism. Vol. I: Human Knowledge in Idealistic Perspective*. Princeton University Press.
- Rescher, N. (1993). *A System of Pragmatic Idealism. Vol II: The Validity of Value*. Princeton University Press.
- Rescher, N. (1994a). "Précis of A System of Pragmatic Idealism". *Philosophy and Phenomenological Research* LIV(2).
- Rescher, N. (1994b). *A System of Pragmatic Idealism. Vol III: Metaphilosophical Inquiries*. Princeton University Press.
- Rohrlich, F. (1991). "Computer Simulation in the Physical Sciences". *PSA 1990 2:507-18*.
- Rynasiewicz, R. (1983). "Review: Clark Glymour Theory and Evidence". *Synthese* 56.
- Salmon, W. (1989). "Four Decades of Scientific Explanation". En Kitcher, P. - Salmon, W. (Eds.). University of Minnesota Press.
- Shapin, S. - Schaffer, S. (1985). *Leviathan and the Air-Pump. Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton University Press.
- Simon, H. (1982). "Cognitive Processes of Experts and Novices". *Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget* 2-3.
- Simon, H. (1996). *Sciences of Artificial*. MIT Press. 3ra edición.
- Sorensen, J. (1992). *Thought Experiment*. Oxford University Press.
- Steinle, F. (1996). "Entering New Field: Exploratory Uses of Experimentation". *Philosophy of Science (Proceedings)* 64:S65-74.



- 
- Steinle, F. (2002). "Experiments in History and Philosophy of Science". *Perspectives on Science* 10(4):408-32.
- Suppes, P. (1974/1988). "La estructura de las teorías y el análisis de datos". En *Estudios de filosofía y metodología científica*.
- van den Borsch, A. (1999). "Inference to the Best Manipulation - a Case Study of Qualitative Reasoning in Neuropharmacy". *Foundations of Science* 4(4).
- van Fraassen, B. (1980/1996). *La imagen científica*. Paidós.
- van Fraassen, B. (1983). "Glymour on Evidence and Explanation". En Earman, J. (Eds.) *Testing Scientific Theories*. University of Minnesota Press: 165-76.
- van Fraassen, B. (1985). "Empiricism in the Philosophy of Science". En Churchland, P. - Hooker, C. (Eds.) *Images of Science*. Chicago University Press: 245-308.
- van Fraassen, B. (1987). "The Semantic Approach to Scientific Theories". En Nersessian, N. (Eds.) *The Process of Science*. Kluwer: 105-24.
- van Fraassen, B. (1989). *Laws and Symmetry*. Clarendon Press.
- van Fraassen, B. (1991). *Quantum Mechanics: An Empiricist View*. Oxford University Press.
- van Fraassen, B. (1992). "From Vicious Circle to Infinite Regress, and Back Again"  
<<http://webware.princeton.edu/vanfraas/mss/Vicious.htm>>  
(Con acceso: 21/08/2001)
- van Fraassen, B. (2002). *The Empirical Stance*. Yale University Press.

- Velasco, M. (1998). "La inducción en Peirce". En Faas, H. - Salvatico, L. (Eds.) *Epistemología e Historia de la Ciencia*. Universidad Nacional de Córdoba.
- Velasco, M. (2002). "Experimentación y técnicas computacionales". *Theoria* 17(44):317-31.
- Velasco, M.- Ahumada, J. - García, P. (2000). "Heurística como regla, como conocimiento y como representación". En Legris, J. (Eds.) *V Jornadas de Epistemología de las Ciencias Económicas*. Facultad de Ciencias Económicas, UBA.
- Wang, P. (2000). "Unified Inference in Extended Syllogism". En Flach, P. - Kakas, A. (Eds.) *Abduction and Induction: Essays on Their Relation and Integration*. Kluwer: 117-29.
- Waters, K. (1987). "Relevance Logic-Hope to Hypothetico Deductivism". *Philosophy of Science* 54:435-64.
- Winsberg, E. (2001). "Simulations, Models, and Theories: Complex Physical Systems and Their Representations". *Philosophy of Science (Proceedings)* 68:s442-54.
- Winsberg, E. (2003). "Simulated Experiments: Methodology for a Virtual World". *Philosophy of Science* 70:105-25.
- Zytkow, J. (1986). "What Revisions Does Bootstrap Testing Need?". *Philosophy of Science* 53:101-09.

**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS**  
**Dirección de Bibliotecas**