



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ACATLÁN**

**REPRESENTACIÓN Y CIENCIA
TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN FILOSOFÍA**

**PRESENTA
MARÍA ESPERANZA RODRÍGUEZ ZARAGOZA**

ASESOR: DR. ROBERTO ESTRADA OLGUÍN

Mayo, 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Por darme vida, inteligencia y fuerza para llegar hasta aquí.

A mi familia:

A mi madre, por todo el amor que representa para mí, por su fortaleza, por nunca perder la esperanza, por creer en mí, por su fe y su alegría.

A mi papá coquita, por sus sabios consejos que me costó trabajo entender, por su particular forma de motivar y por el amor que me tiene.

A mi hermano Chuy, por madurar antes de tiempo, por aminorar mi carga, por ser ejemplo de lucha, por estar siempre conmigo y por enseñarme a que no importen las cosas.

A los Zaragozas, por ser mi gran familia; especialmente a mi Papá Jesús por su ejemplo; a mi tía Eva porque gracias a ella pude seguir mis estudios; a Jorge por tus oídos y tu confianza.

A ti:

A Juan Miguel, por todo lo que cambiaste en mí, por ser mi apoyo, por no dejarme caer, por hacerme creer otra vez, por la felicidad y por esa manera de quererme.

A mis sinodales:

A Roberto, por retarme a dar todo lo que tengo, por tus consejos, tus paciencias, por todo lo que me enseñaste y por tu ayuda.

A Raúl Alcalá, por todo el apoyo que he recibido de su parte, por sus valiosos consejos, por darme la oportunidad de despegar, por confiar en mí, por sus enseñanzas y por toda la ayuda que me ha brindado.

A Ana Rosa, por su paciencia, por sus asesorías, sus consejos, por hacerme sentir bien en medio de la tempestad, por el inmenso apoyo que me ha dado, por ser una buena persona, por la admiración y el respeto que despierta en mí.

A Guillermo, porque a pesar de sus ocupaciones me brindó su ayuda, por todo lo que de sus clases me llevo, por el apoyo que siempre me ha brindado.

A Ernesto, por toda la ayuda que me brindaste, por tus comentarios, por preocuparte por mí y por la motivación que me has dado.

Al Instituto de Investigaciones Filosóficas:

Por todo el apoyo que recibí por parte de todos los que conforman el Instituto, por brindarme la oportunidad de ser parte de él y por todo el conocimiento que adquirí estando ahí. Por enseñarme que aún quedan focos de civilización en este mundo, por tratarme como ser humano. Pero principalmente agradezco el poder haber conocido a personas tan valiosas.

A Xavier de Donato, por las asesorías y los consejos que sirvieron para terminar mi tesis, por todas tus enseñanzas y todo el conocimiento que despides en cada plática, por tu paciencia, por toda la ayuda que me has brindado, por confiar en mí, especialmente agradezco tu amistad, los buenos ratos.

A Alfonso Arroyo, por tu amistad, por todas las pláticas que hemos tenido, por tus experiencias, por la risa, por escucharme siempre, por tus consejos, por confiar en mí y por todo el apoyo que a tu manera me has brindado.

A mis maestros:

Por todos los que sembraron la semilla en mí, gracias Gustavo (valores), y especialmente gracias a usted Ferrer por todo lo que nuestra amistad representa y por todo lo que me ha enseñado.

A mis amigotes:

Por estar conmigo, por hacer lo que hacen, porque nunca dejaron que me la creyera, por ayudarme a sanar, por no dejar perecer el sueño, por las tardes de tercio, por la música y los aforismos, por sus oídos, sus ojos y sus manos, por compartir el mundito bvdrio conmigo.

A mis amigos:

Por todos los que forman parte de mi vida, especialmente a esos del CUA por los días felices: Oso, Palos, Yoshi, Yoshito, Roberto (por las vueltas que da la vida), Setso (donde quiera que estés). A los que conocí en Acatlán: Abeja, Jazmín, Isa (ya te conocía, pero aquí más); y especialmente a Abigail que yo sé estarías orgullosa de mí.

A todos, GRACIAS.

ÍNDICE

| | página |
|---|--------|
| INTRODUCCIÓN | 1-7 |
| - Filosofía y representación..... | 1 |
| - Representación y conocimiento científico..... | 3 |
| - Objetivo y estructura de la tesis..... | 5 |
| | |
| Capítulo I) Nociones de representación en la ciencia: Tres enfoques representacionales | 8 |
| 1) Enfoque estándar del positivismo lógico. La representación como correspondencia entre niveles..... | 8 |
| 2) Enfoque semanticista de van Fraassen..... | 15 |
| 3) Enfoque contextualista de Margenau. Actividad representacional como vaivén entre datos y constructos simbólicos..... | 20 |
| | |
| Capítulo II) Propuesta representacional Ibarra-Mormann. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática | 26 |
| 1) Introducción..... | 26 |
| 1.1) Características del enfoque pragmático-representacional de la ciencia..... | 29 |
| 2) Del estudio de las teorías al análisis de las prácticas..... | 33 |
| 3) El razonamiento subrogatorio en la actividad teórica..... | 40 |
| 3.1) Sistemas relacionales y preservación de estructuras..... | 40 |
| 4) La representación significativa..... | 49 |
| 4.1) La significatividad representacional..... | 50 |
| 4.1.1) Criterio general de la significatividad..... | 55 |
| 4.2) La construcción conceptual de la realidad científica..... | 57 |
| 5) La dimensión pragmática de la representación..... | 61 |
| 5.1) La semiótica de Pierce como modelo pragmático de representación..... | 62 |
| 5.2) La intencionalidad de la representación..... | 64 |
| 5.2.1) La representación es representación <i>de</i> algo <i>por</i> algo..... | 65 |
| 5.2.2) La representación de algo <i>para</i> algo..... | 67 |

| | |
|---|-----------|
| Capítulo III) La teoría física de Duhem: Propuesta representacional del conocimiento científico..... | 70 |
| 1) La teoría física no es una explicación..... | 73 |
| 2) Teoría física como sistema lógico de proposiciones..... | 75 |
| 2.1) Desarrollo matemático de la teoría..... | 78 |
| 2.2) El experimento en la teoría física..... | 82 |
| 3) Niveles de representación en la teoría física..... | 88 |
| 3.1) Primer nivel representacional: las leyes experimentales..... | 89 |
| 3.2) Segundo nivel representacional: la elección de las hipótesis fundamentales..... | 92 |
| 4) Razonamiento subrogatorio y clasificación natural..... | 97 |
| 4.1) La teoría física como clasificación natural..... | 97 |
| 4.2) El valor de la teoría física..... | 101 |
| | |
| CONCLUSIONES..... | 105 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 113 |

REPRESENTACIÓN Y CIENCIA

INTRODUCCIÓN

Uno de los campos de estudio más importantes y fecundos en problemas en la filosofía es el que tiene que ver con las cuestiones epistemológicas. Es decir, con la naturaleza del proceso de conocimiento, la cual tiene que ver con la capacidad del ser humano de absorber (aprehende) y generar conocimiento. La parte de este proceso que nos interesa analizar en el escrito es la que respecta a la generación de conocimiento; esta segunda parte representa los *resultados* del proceso del conocimiento y es esta parte la que nos importa, ya que estos *resultados* son las distintas teorías que dirigen diversos campos del conocimiento. Ejemplo de esto son las diversas teorías científicas, estéticas, etc. En esta producción de conocimiento encontramos características comunes, esto nos hace pensar que puede establecerse un 'patrón' capaz de explicar el desarrollo de dicho proceso. Una de las maneras de poder encontrar los rasgos comunes que presenta el proceso cognoscitivo es mediante el análisis de los diversos *resultados* de este proceso, esto es el análisis de las distintas *teorías* que rigen los diferentes campos de conocimiento. Por otro lado, el análisis de las *teorías*, como productos de un proceso de conocimiento (en tanto que son el sostén de cierto campo), nos permite una reconstrucción racional de los conceptos, depurar la teoría de contradicciones entre sus términos, además de que el análisis nos proporcionaría un orden y una clasificación conceptual; una de las formas de llevar a cabo esto es mediante la reducción¹ de unos conceptos a otros, entre otras. Todo esto tiene como fin la fundamentación de los conceptos que estén presentes en la *teoría*; además de que podemos pensar en la posibilidad de construir un sólo sistema, que sea capaz de unificar todos los *resultados* (*teorías*) formulados en dicho campo, y, de este modo, no tener una multitud de *teorías* inconexas entre sí.

Esto es, si queremos analizar un tipo de conocimiento en especial, por ejemplo el *conocimiento científico*, tenemos que analizar las distintas *teorías* que le sirven de fundamento. En el caso de la ciencia, sabemos que ésta se divide en varios campos, entonces tendremos que elegir entre uno de esos campos, por ejemplo el campo de la ciencia física. Pues bien, para poder descubrir la naturaleza de este tipo de conocimiento tenemos que analizar las diversas teorías que sirven de fundamento a la ciencia física. Desde un punto de vista clásico de la filosofía de la ciencia, la

¹ No trataremos aquí el problema que implica la reducción, eso lo trataremos en el primer capítulo de la tesis. Aquí sólo lo mencionamos para que se tenga en cuenta uno de los aspectos que le corresponden a la epistemología.

herramienta que se postula como la 'ideal' para llevar a cabo dicho análisis es la *lógica*; de este modo comenzamos con el análisis lógico de las teorías científicas, específicamente de las teorías físicas. Recordemos que el objetivo de éste análisis clásico era descubrir la naturaleza del conocimiento en cuestión, así como también plantearnos la posibilidad de encontrar los 'patrones' que nos permitan la fundamentación de ése conocimiento. Sin embargo, como veremos a lo largo del escrito, no basta con el análisis lógico de las teorías para elucidar la naturaleza del proceso cognoscitivo en cuestión, sino que, además debe analizarse el proceso de constitución de las mismas. Esto implica tomar en cuenta factores como: el análisis de las prácticas científicas mismas, ya que son éstas las que producen las teorías; la evolución propia que la ciencia a analizar lleva a cabo²; y, como Moulines nos dice, "dar un sentido preciso a la noción de contrastabilidad con la experiencia (dentro de un sistema)"³, es decir que exista una relación adecuada entre teoría y realidad. De este modo vemos que el proceso cognoscitivo es un proceso complejo, que requiere más que el simple análisis lógico.

Si logramos esto, esclarecer las *relaciones* que tienen entre sí los conceptos científicos, podremos extender esto a otros campos de conocimiento, de manera que vayamos constituyendo una teoría epistemológica unificada.

A lo largo de la historia de epistemología encontramos sistemas que pretenden explicitar la naturaleza del proceso cognoscitivo; muchos de ellos se han enfocado al análisis del conocimiento en general, pero muchos otros han delimitado su campo de estudio a la ciencia. Ejemplos de estos sistemas son los desarrollados por los positivistas lógicos, en donde encontramos *La construcción lógica del mundo* de Rudolf Carnap, en donde se pretendía la unificación de las diversas ciencias en una sola, reduciendo todos los conceptos a un 'paquete' de conceptos base; o los más recientes llamados fenomenalistas, en donde podemos encontrar "El sistema T-S de Ulises Moulines, en donde se plantea un programa de reconstrucción lógica de conceptos empíricos a partir de una base única y homogénea, constituida por experiencias sensibles o 'fenómenos'.

Nuestras investigaciones versan, por tanto, sobre cuestiones epistemológicas, esto es, en descubrir la naturaleza del conocimiento científico. Como hemos señalado, si revelamos las *relaciones* que se dan entre los conceptos científicos, atendiendo a todos los factores arriba

² Muchas veces el desarrollo de una teoría no depende directamente de las prácticas científicas. Sino que, como veremos en el tercer capítulo, a veces el desarrollo teórico sigue un orden propio, es decir, la teoría adquiere una dinámica propia entre más madura es.

³ Moulines Ulises C., *La estructura del mundo sensible (sistemas fenomenalistas)*, Colección Zeten, ed. Ariel, p. 15.

mencionados, podemos extender esto a otros campos, y, de este modo, contribuir a desvelar la naturaleza del conocimiento en general.

Una manera de adentrarnos al análisis acerca de la naturaleza del conocimiento científico, es analizando los productos de la actividad científica, esto es, analizando las diversas teorías que sostienen a las diferentes ramas de la ciencia. La visión que manejaremos en el escrito es la que tiene que ver con que se tome a las teorías científicas como representaciones. Pero antes de explicar en qué consiste esto, necesitamos remitirnos a lo que es representar. Cuando ‘observamos’ un objeto, fenómeno o lo que sea, tenemos aquello que observamos *presente* ante nosotros; ahora bien, cuando aquello que ‘observábamos’ ya no se encuentra presente, podemos *representarlo* ya sea mediante una imagen, un símbolo, una persona, o mediante teorías, por ejemplo: la balanza de dos brazos ‘representa’ a la justicia, el símbolo π ‘representa’ el valor infinito de 3.14159265..., los abogados ‘representan’ a sus clientes, la teoría del flogisto ‘representa’ los fenómenos de combustión. De este modo tenemos distintos modos de ‘representar’, esto es que la relación representacional dada entre el representante y lo representado es distinta en cada uno de los ejemplos anteriores. No nos detendremos analizar cada una de ellas, lo único que queremos señalar aquí es que al *representar* hacemos presente aquello que no está presente, y que la *representación* de lo representado debe cumplir ciertas características para que el hacer presente se lleve a cabo adecuadamente. Como veremos la noción de representación que analizaremos más adelante es la respectiva al último ejemplo, la que nos dice que las teorías científicas *representan* fenómenos.

Ahora bien, partimos del supuesto en el que se afirma la naturaleza *representacional* del conocimiento científico. Andoni Ibarra nos dice que: “el modo característico de representación en la ciencia es a través de teorías”⁴, esto es, que las teorías vienen a ser representaciones. En lo referente al problema de la representación trataremos de ver cuál es el papel de ésta dentro del proceso del conocimiento científico, en tanto elemento primordial de su constitución, y la relación que ésta guarda al momento de la construcción de teorías. Uno de los objetivos principales de la representación es la fundamentación de un tipo de conocimiento, en este caso el conocimiento sometido al análisis. Las ventajas que se encuentran es que mediante ella se puede dar un orden y unificación de los conceptos manejados en cierto campo de conocimiento, especialmente en el campo de nuestro interés que es la ciencia.

⁴ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 27.

Al analizar el papel que juega la representación dentro del desarrollo científico, lo que se pretende mostrar es el carácter ineludible y esencial de la representación en la interpretación de la experiencia en general y del conocimiento científico en particular, y la consideración de que la función de representar no es simplemente un aspecto constitutivo de nuestro comportamiento psicológico o sociológico, sino una de las condiciones determinantes del conocimiento. Así la filosofía de la ciencia se caracteriza esencialmente como teoría de la representación científica centrada en el análisis de las propiedades genuinas de los sistemas representacionales. Dichas propiedades determinan de manera característica la naturaleza objetiva de la representación.

La noción de representación que nos interesa manejar es la que se refiere a la idea del representar como una preservación estructural, como una potencia de la actividad racional del sujeto mediante la cual el sujeto construye el concepto; y no como también se ha entendido a la representación, como un mero copiar, como un espejo, donde el sujeto lo único que hace es una replica del objeto dado. De este modo, la representación es un concepto complejo, que para poder esclarecerlo requiere de una teoría representacional del conocimiento.

La tesis que se sostendrá durante todo el escrito será la afirmación del carácter representacional del conocimiento científico; esto es, que uno de los fines a los que tiende la práctica científica es la construcción de representaciones. Decimos uno de los fines ya que no es el único, un aspecto que había sido dejado de lado por los filósofos de la ciencia y que recientemente se ha investigado es el que respecta a la parte experimental. En palabras de Hacking: “los filósofos de la ciencia constantemente discuten sobre teorías y sobre la representación de la realidad, pero no dicen casi nada acerca de los experimentos, la tecnología o el uso del conocimiento para la modificación del mundo”⁵. Aunque nuestro escrito trata principalmente de la parte representacional, veremos cómo Ibarra y Mormann retoman muchas de las ideas de Hacking, especialmente cuando tratemos el carácter pragmático e intencional de las representaciones.

La manera en que demostraremos esta tesis será exponiendo las características que debe tener una *teoría representacional* del conocimiento, y, analizando una *teoría científica* mediante la teoría representacional. La *teoría representacional* que tomamos como modelo es el

⁵ Hacking Ian, *Representar e intervenir*, Paidós Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 1996, p. 178.

enfoque pragmático-representacional de la ciencia, de Andoni Ibarra y Thomas Mormann; por otro lado, compararemos este enfoque representacional con la concepción filosófica sobre la ciencia física que Pierre Duhem expone en su obra *La Teoría Física: su objeto y su estructura*. De este modo mostraremos que el carácter del conocimiento científico es, en su mayor parte⁶, *representacional*. De este modo, lograremos dilucidar la naturaleza del conocimiento científico, y podremos ver si las relaciones en él encontradas pueden ampliarse a otros campos de conocimiento. Además de que veremos la función que tiene la representación en el conocimiento.

Lo que se pretende es exponer algunas de las características principales de una representación, además de determinar los elementos que tienen que darse para que se dé una relación de tipo *representacional* adecuada. También mediante el desarrollo del escrito se pretende mostrar que las teorías son la representación condensada del campo al que pertenecen.

Por tanto, el objetivo del escrito es mostrar el carácter representacional del conocimiento científico, comparando el *enfoque pragmático-representacional* de Ibarra y Mormann a la filosofía de la física expuesta por de Pierre Duhem en *La Teoría Física*. En otras palabras, ver cómo las prácticas científicas tienen como uno de sus objetivos la construcción de representaciones y además la manipulación del mundo, esto es el experimentar. Y de este modo mostrar la naturaleza del proceso cognoscitivo que se lleva a cabo en la ciencia; y plantear la posibilidad de extenderlo a otros campos de conocimiento.

Para ello, la estructura del escrito es la siguiente:

- Capítulo I: *Nociones de representación en la ciencia: Tres enfoques representacionales*. En este capítulo expondremos tres enfoques de representación que pueden considerarse como anteriores al modelo expuesto por Andoni Ibarra y Thomas Mormann. Los enfoques representacionales que se analizan son: *el enfoque estándar del positivismo lógico*, que concibe a la representación como una correspondencia entre niveles; *el enfoque semanticista de van Fraassen*, que es una reconstrucción de la

⁶ Decimos que es en su 'mayor parte' representacional ya que no creemos que sea la única función que tiene la ciencia, ni el único fin perseguido por las comunidades científicas. Creemos que la representación juega un papel importantísimo en la construcción del conocimiento en general, y más particularmente, en la construcción del conocimiento científico, pero no constituye el principal interés de los científicos. La teoría representacional sirve como herramienta para elucidar la naturaleza del conocimiento, además que las características que le son propias, que analizaremos a lo largo del escrito, proporcionan un apoyo para el desarrollo de la ciencia. Con esto no queremos decir que las representaciones deben reducirse a su función instrumental, sino que las representaciones constituyen un elemento esencial del conocimiento.

conceptualización modelística de la representación; y *el contextualista*, en el que encontramos un modelo triádico de la representación. Estos enfoques pueden considerarse como los antecesores de la teoría representacionalista de Ibarra y Mormann, ya que ésta toma de estos tres enfoques algunos de los elementos que la constituyen.

- Capítulo II: *Propuesta representacional Ibarra-Mormann. De la invariancia estructural a la significatividad pragmática*. Este enfoque representacional es visto como una superación de las limitaciones que presentaban los tres enfoques anteriores. Este enfoque representa una *teoría de la representación significativa* (recordemos que la representación al ser un concepto complejo requiere de una teoría para su elucidación), aquí la representación puede interpretarse como un proceso dialéctico abierto de *reducción e introducción* de complejidad. El enfoque representacional de Ibarra y Mormann muestra las características esenciales que debe tener una representación adecuada de la realidad, dichas características son: la posibilidad de la representación está determinada por la existencia de una adecuada relación preservadora de estructuras entre el objeto representado y su representación; dicha preservación de estructuras está expresada por el *razonamiento subrogatorio*. La *significatividad teórica de la representación* queda fijada en un marco de aplicaciones acotado *intencionalmente* por el sujeto interpretante de esa representación; encontramos que la *representación significativa* se da por la realización del *razonamiento subrogatorio*. Además, la *intencionalidad* que conlleva el enfoque determina el *carácter pragmático de la representación*. Este carácter pragmático es una de las principales aportaciones que el enfoque de Ibarra y Mormann ofrece, ya que, como decíamos anteriormente, no sólo se toma en cuenta el análisis de las teorías para dilucidar la naturaleza del conocimiento, sino que en el *enfoque pragmático-representacional* está basado en la misma práctica científica.
- Capítulo III: *La Teoría Física de Duhem: Propuesta representacional del conocimiento científico*. En este capítulo analizaremos lo que Duhem nos dice acerca de la ciencia física en su obra *La Teoría Física: su objeto y su estructura*, y de este modo poder extraer las características representacionales que esta concepción presenta. Y así poder compararla con una teoría representacional, en nuestro caso, el enfoque pragmático-representacional de Ibarra y Mormann. Y de esta manera poder afirmar la naturaleza representacional del conocimiento científico.

Cabe mencionar que los dos primeros capítulos están basados en el texto de Andoni Ibarra y Thomas Mormann *Representaciones en la Ciencia*; el tercer capítulo está basado en *La Teoría Física. Su objeto y su estructura* de Pierre Duhem.

I

NOCIONES DE REPRESENTACIÓN EN LA CIENCIA: TRES ENFOQUES REPRESENTACIONALES

En este apartado se exponen tres modelos de representación que pueden considerarse como anteriores al modelo expuesto por Andoni Ibarra y Thomas Mormann; además que, de estos modelos, Ibarra y Mormann toman ciertos elementos que se verán reflejados en su teoría. Los enfoques representacionales que se analizarán son: *el enfoque estándar del positivismo lógico*, que concibe a la representación como una correspondencia entre niveles; *el enfoque semanticista de van Fraassen*, que es una reconstrucción de la conceptualización modelística de la representación; y *el contextualista*, en el que encontramos un modelo triádico de la representación. La cuestión central de estos enfoques es precisar la correspondencia entre las representaciones y los objetos representados, en otras palabras, la forma como la ciencia representa al mundo; sin embargo, estos enfoques presentan ciertas limitaciones, ya que no dan cuenta de una relación representacional adecuada. El propósito de Ibarra y Mormann va más allá, ya que lo que se proponen es identificar el modo como las entidades teóricas representantes facultan la transformación de estructuras cognitivas; de ahí que consideremos el modelo representacional propuesto por ambos como una superación de las limitaciones presentadas en estos tres enfoques.

1) ENFOQUE ESTÁNDAR DEL POSITIVISMO LÓGICO

LA REPRESENTACIÓN COMO CORRESPONDENCIA ENTRE NIVELES

El exponente más importante de esta corriente es Rudolf Carnap. La teoría representacional del positivismo se divide en dos momentos: el primero, cuando el lenguaje científico se encuentra anclado en un lenguaje observacional, fenomenalista o fisicalista, teñido de un fuerte *reduccionismo*, el cual presentará ciertas limitaciones que se pretenderán superar introduciendo en el enfoque un sesgo *convencionalista*; y el segundo, cuando el positivismo entra en su fase empírico-analítica, aquí el lenguaje teórico ya no está totalmente ligado al lenguaje

observacional, a este segundo momento se le conoce como *enfoque de los dos niveles conceptuales de las teorías*.

El positivismo toma como problema central la fundamentación del conocimiento científico en la experiencia, ya que el valor de verdad de sus enunciados, en cuanto que dotados de sentido, está determinado por la experiencia o la observación. Inicialmente la respuesta al problema planteado es el *reduccionismo*. Para aclarar lo que se entiende por *reduccionismo* nos remitiremos a lo expuesto por Carnap en su *Construcción Lógica del Mundo*. El *Aufbau* de Carnap trata principalmente el problema de la teoría del conocimiento, pero no el sentido de lo que realmente conocemos, sino que se enfoca a la posibilidad de reducir ciertos conocimientos a otros; el problema principal en torno al cual gira el sistema carnapiano es la posibilidad de una reconstrucción racional de los conceptos que se usan en todo el campo del conocimiento, especialmente el de la ciencia. La reconstrucción planteada debe hacerse sobre una base de conceptos, que en Carnap se refieren a lo inmediatamente dado¹; esta reconstrucción racional es la búsqueda de nuevas definiciones que substituyan los conceptos antiguos. Para reconstruir lógicamente los conceptos, Carnap nos dice que basta con un solo grupo de elementos fenoménicos de experiencia, relacionados entre sí por relaciones primitivas; estos elementos representan la base conceptual sobre la cual se hará la reconstrucción, los elementos base del sistema carnapiano son las vivencias elementales (todo aquello que yo siento conscientemente, durante un lapso de tiempo), usando un concepto básico único: la relación de recuerdo de semejanza entre las vivencias (Rb). El método utilizado por Carnap en su teoría de constitución es el de *aplicar la teoría de las relaciones al análisis de la realidad*². En lo que respecta al análisis de la realidad se entiende: *la reducción de la realidad a lo dado*; aquí encontramos la noción de reduccionismo que queremos aclarar. Para entender la noción de *reducción* necesitamos echar un vistazo a la teoría de relaciones, ya que la reducibilidad se definirá a partir de las *relaciones extensionales*. “Si dos funciones proposicionales tienen entre sí una relación tal que cada uno de los objetos que satisface una también satisface la otra, entonces decimos que la primera implica la segunda, y, si dos funciones tienen entre sí esa relación implicativa decimos que son *funciones proposicionales coextensivas*.”³ Para precisar la noción de *reducibilidad* nos ayudaremos del concepto de *coextensividad* descrito. Se dice que “un objeto es

¹ Más adelante trataremos los problemas que presenta el reducir los conceptos a ‘lo dado’.

² Esto con el propósito de formular las condiciones lógicas formales del sistema; además de que esto permite aprehender con mayor exactitud la base del sistema y demostrar que es posible construir el sistema sobre dicha base y dentro del marco de las formas lógicas.

³ Carnap Rudolf, *La construcción lógica del mundo*, Universidad Nacional Autónoma de México, México 1988, p. 58.

reducible a uno o más objetos, si todas las proposiciones acerca de él pueden ser traducidas a proposiciones que ya sólo hablan de los otros objetos”⁴. Carnap nos pone un ejemplo:

“la proposición ‘*x es un número primo*’ es coextensiva con ‘*x es un número natural que solamente puede ser dividido entre uno y entre sí mismo*’. Con esto, el objeto (concepto) *número primo* es reducido a los objetos *número natural, uno, divisor*.”⁵

Con este ejemplo decimos que todas las proposiciones acerca de ‘número primo’ pueden ser traducidas a proposiciones que sólo hablen de ‘número natural, uno, divisor’. De esta manera mostramos en lo que consiste el *reduccionismo* con el que está impregnado el primer momento del positivismo.

En el enfoque representacional estándar del positivismo lógico el *reduccionismo* se extiende a que es posible singularizar en el conjunto de enunciados de la ciencia enunciados puramente observacionales, a los cuales pueden retrotraerse, *reducirse*, todos los enunciados empíricamente significativos de la teoría, mediante determinadas reglas de conexión. Así la objetividad de los enunciados científicos –fundamentada en su contrastación experiencial subjetiva- queda garantizada por la posibilidad de su reducción a enunciados que están directamente vinculados a ‘lo dado’. La instancia mediadora necesaria entre la teoría con sentido y la realidad experiencial son los llamados *enunciados protocolares* o *enunciados básicos*; los enunciados lógicamente irreducibles a los ‘enunciados protocolares’ o ‘enunciados básicos’ son etiquetados como enunciados sin sentido. Sin embargo, la propuesta de *reducir* los enunciados de la teoría a enunciados observacionales, resultará inconsistente con la ciencia real y restrictiva para determinar el dominio de los enunciados significativos. El problema es que los enunciados protocolares no se vinculan inmediatamente a nuestras experiencias inmediatas, sino que su naturaleza básica se justifica finalmente como resultado de nuestras propias *decisiones*; esto es, que los enunciados protocolares se expresan en un *lenguaje observacional* caracterizado por un vocabulario específico y por determinadas reglas de formación. Sólo así nos liberamos de la regresión infinita que nos impone el reduccionismo; ya no tenemos que contrastar los enunciados de la ciencia con los enunciados protocolares.

Como alternativa de reducir los enunciados de la ciencia a enunciados observacionales, Carnap en *Testability and Meaning*, se propone un procedimiento de *sesgo convencionalista*⁶

⁴ *Ibid.*, p. 7.

⁵ *Ibid.*, p.64.

⁶ Según el *convencionalismo* las teorías y conceptos científicos no son reflejo del mundo objetivo, de ‘lo dado’, sino producto de un acuerdo convencional entre los científicos; el acuerdo está determinado por consideraciones de

para la determinación de la significatividad, a partir de la construcción de sistemas lingüísticos artificiales apropiados para los lenguajes científicos. Las reglas de formación de un lenguaje artificial nos dan una garantía de que los enunciados de la teoría estén bien formados; el vocabulario queda fijado mediante reglas de denotación, que hacen posible la confirmabilidad de los hechos experienciales. Así, el criterio previene *a priori* la ocurrencia en un lenguaje artificial de enunciados no conformados según las reglas de formación y denotación fijadas para él. El criterio de significación no apela ya a la posibilidad de un (correlato lingüístico del) conocimiento fáctico objetivo, sino que se formula relativamente a un sistema sintáctico-semántico, validado como sistema dotado de significatividad. Ejemplo de este lenguaje artificial es:

*La temperatura de un gas es proporcional a la energía cinética media
de sus moléculas.⁷*

En el ejemplo *temperatura*, *energía cinética media*, y *moléculas* son conceptos de un lenguaje artificial *dado* por los científicos.

Este *convencionalismo* da un giro importante al interés de la tarea filosófica, ésta se centra ahora en la construcción de lenguajes artificiales que pueden resultar de interés para la ciencia efectiva. Así el problema concerniente a la realidad de 'lo dado' y a la posibilidad de su conocimiento experiencial se transforma en el análisis de la adecuación de los sistemas lingüísticos formales (creados artificialmente), y no en un problema de esencias.⁸ De este modo, la confirmación no es la relación entre enunciados teóricos y una realidad experienciada o experienciable, sino una relación formal entre los diversos planos lingüísticos construidos *convencionalmente* para las teorías científicas. De ahí la necesidad del convencionalismo, ya la reducción no se hace a enunciados provenientes de 'lo dado', sino que la reducción se hace en torno a un lenguaje artificial creado convencionalmente por los científicos. Ahora, un enunciado teórico sintético es considerado empíricamente significativo si es reducible a un enunciado del lenguaje empírico (L_E); la base experiencial se identifica ahora simplemente con el resultado de un acto de decisión, de *convención*, realizado en el lenguaje empírico aceptado, dicho lenguaje es L_E .

comodidad y sencillez. La base gnoseológica del convencionalismo radica en la posibilidad real de dar interpretaciones distintas a nuestras formaciones teóricas (ante todo en la esfera de la matemática), lo que lleva a la tentación de considerar la teoría científica como cierta estructura lógica pura. Aquí nuestros conceptos y teorías se forman en el transcurso de la actividad práctica de la humanidad, por tanto, reflejan determinados aspectos del mundo. *Diccionario soviético de filosofía*, ed. Pueblos Unidos, Montevideo 1965, p. 86, 87.

⁷ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 66.

⁸ Con problema de esencias nos referimos al querer encontrar en 'lo dado' la realidad de los objetos en sí, y ha quedado claro que esta tarea le corresponde a la metafísica y no a la ciencia.

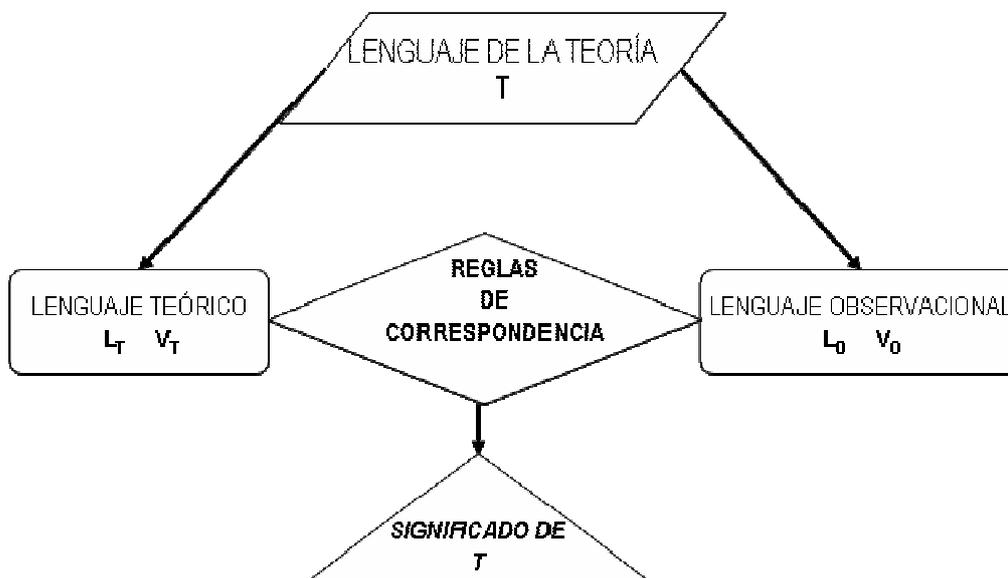
Sin embargo, esta primera propuesta del positivismo presenta ciertas limitaciones. Una de ellas es que no queda explicitado cuáles han de ser las condiciones estructurales de los enunciados de observación de una representación teórica, para poder atribuir a la práctica científica una significatividad empírica; otra es que tampoco se ofrece un criterio para la determinación de la conveniencia o inconveniencia –o de la utilidad práctica- de los sistemas lingüísticos propuestos. Según Ibarra y Mormann estas limitaciones surgen debido a que se entiende de antemano que el lenguaje científico con sentido es totalmente comprensible, y por consiguiente, todos los enunciados científicos son reducibles a L_E ⁹; es decir, esto nos hace pensar que los conceptos utilizados por los científicos están interpretados, sin embargo, como vemos en el ejemplo arriba citado esto no es así, ya que el científico hace uso de conceptos que no están interpretados totalmente y cuya reducción es irrealizable. Estas limitaciones son superadas por el segundo momento de la teoría representacional del positivismo, o lo que se llamó *enfoque de los dos niveles de las teorías*.

Según Carnap el lenguaje de una teoría está conformado por un sublenguaje teórico L_T y un lenguaje observacional L_O , contruidos respectivamente a partir de un vocabulario puramente teórico V_T , el cual contiene términos como energía, cinética, función, etc. y un vocabulario observacional V_O , el cual fija todos los conceptos de la teoría referidos a cosas y propiedades observables por ej.: *la temperatura de un gas*¹⁰. Se establecen entre ambos lenguajes determinados puentes lingüísticos que los vinculan entre sí, dichos puentes son las *reglas de correspondencia*. Dichas reglas son las que dan el significado de la teoría. La Teoría T formulada en el lenguaje L_T se construye como un cálculo interpretado, para el que sólo se requiere ya una *interpretación parcial* de T, mediante las *reglas de correspondencia*; esta interpretación es siempre incompleta, ya que T es un sistema abierto que faculta la introducción de nuevas *reglas de correspondencia*. Esta adición de nuevas reglas hace posible la profundización y ampliación del ámbito de interpretación de T, asegurando así el progreso de la ciencia. De este modo, la teoría científica es interpretada como una entidad lingüística de dos niveles, uno de los cuales representa teóricamente al otro vía reglas lingüísticas determinadas. Lo que nos interesa resaltar aquí es que el *significado* de la teoría está dado por las *reglas de correspondencia*, y no por una contrastación experiencial.

⁹ Recordemos que L_E es un lenguaje artificial creado convencionalmente por los científicos.

¹⁰ Según Carnap este es un concepto observable, ya que la temperatura puede ser medida directamente por un termómetro y podemos ver en él el nivel alcanzado por el mercurio.

En este enfoque lo objetivo está dado por el lenguaje y el vocabulario observacional. Para esclarecer más las relaciones que se dan en este enfoque entre los dos niveles, presentamos el siguiente cuadro:



Como ya dijimos, la determinación de la base empírica queda fijada formalmente mediante la construcción del lenguaje observacional L_0 , a partir de un vocabulario descriptivo adecuado para la representación de cosas y propiedades.¹¹

Ibarra y Mormann nos dicen que para que el enfoque positivista sea plausible deben cumplirse los siguientes dos postulados: en primer lugar, que los términos teóricos sean meras representaciones simbólicas, puros símbolos no interpretados, y por tanto, no susceptibles de comprensión a menos que sean vinculados a términos observacionales proveedores de significación; y en segundo lugar, que la representación de cosas y propiedades mediante el lenguaje observacional sea directa y aproblemática. Ambos postulados presentan ciertas dificultades, las cuales impiden que el *enfoque estándar del positivismo lógico* proporcione una relación representacional adecuada.

En cuanto al primer postulado el enfoque presenta una contradicción. Se supone que sólo es significativo y comprensible el conocimiento referido directamente a la observación, en este hecho está sustentado el carácter parcial de la interpretabilidad de los términos teóricos y por

¹¹ Una de las limitantes para que esto pueda funcionar es que no existe un lenguaje de la ciencia determinado y aproblemático. Otro problema que se presenta es relativo a T, ya que la forma en que está compuesta la estructura de una teoría científica según el positivismo lógico, nos hace pensar en la inmovilidad de T, es decir si T cambia o no; o lo que cambia es únicamente la interpretación de T, sin que T cambie. Otra pregunta que surge es ¿quién o quiénes son los que determinan a T?

tanto, la necesidad de las reglas de correspondencia; sin embargo, la formación de nuevos conceptos científicos se realiza mediante definiciones o elucidaciones que no remiten siempre a un lenguaje observacional, sino a un lenguaje científico ya existente; este lenguaje está formado por términos teóricos y observacionales, que pueden comprenderse sin reglas de correspondencia. Pero, lo que el enfoque nos dice es, que una teoría siempre debe hacer uso de reglas de correspondencia para sus términos teóricos, lo cual significa que la parte teórica de la teoría está formada únicamente por conceptos nuevos, sino las reglas de correspondencia serían superfluas. Y en esto es en lo que consiste la contradicción: *la ciencia utiliza conceptos tanto viejos como nuevos, tanto teóricos como observacionales, y no solamente símbolos lógicos y nuevos conceptos ininterpretados.*¹²

En lo que respecta al segundo postulado, se trata de ver que el lenguaje observacional L_O sea la representación adecuada de las cosas y propiedades, en otras palabras de 'lo dado'. Como ya vimos, la relación entre la teoría y la experiencia es formulada como relación entre L_T y L_O , relación que está dada por las reglas de correspondencia; y dichas reglas de correspondencia son las que le dan significado a la teoría; además vimos que se le asigna a la experiencia fáctica, a lo experiencialmente dado, la fundamentación de la base del conocimiento científico. Sin embargo, dentro del enfoque positivista no encontramos una explicación suficientemente clara acerca de la constitución de 'lo dado'¹³. Esto hace posible una interpretación de las reglas de correspondencia en un registro meramente convencionalista, en el que se trata de obtener la representación teórica más económica de las relaciones expresadas en L_O . Así, las reglas de correspondencia son postulados que permiten vincular arbitrariamente los dos lenguajes (L_T y L_O), sin una referencia a las correlaciones empíricas, concebidas como determinadas estructuras objetivas y representadas en L_O ¹⁴; por tanto las reglas de correspondencia son incapaces de reflejar las relaciones (que se supone que la ciencia devela) que se dan en las leyes de la naturaleza. Por otro lado, si se considera seriamente la relación entre L_O y el dominio de los

¹² Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 69.

¹³ El problema principal es la constitución de 'lo dado'. L_O no puede funcionar como 'lo dado' o lo experimental de lo científico, ya que esto siempre es mediado por un proceso cognoscitivo. Por tanto, L_O no podría ser la reflexión inmediata de la experiencia fáctica, sino una interpretación mediata de esa experiencia (a la luz de otras experiencias previas), y de la que puede disponerse tanto para la conceptualización como para las justificaciones teóricas. Para explicar esto tomamos el ejemplo anteriormente expuesto: *la temperatura de un gas*. Se supone que es un concepto observable porque podemos ver la ascendencia del mercurio en el termómetro, sin embargo, basándonos en lo que Duhem dice cuando pone el ejemplo de la aplicación de la ley de Mariotte, el simple uso del instrumental científico implica la comprensión previa de todo un conjunto de teorías; por tanto, *la temperatura de un gas* no es un concepto proveniente de la reflexión inmediata de la experiencia fáctica, sino que es una interpretación de todo un conjunto de teorías, es decir, es una interpretación mediata. Ver Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.219.

¹⁴ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Op. cit.*, p. 70-71.

hechos sometidos a la investigación, lo 'dado', sería ineludible la caracterización del lenguaje observacional como un lenguaje de representación, ya que L_0 es siempre el resultado fijado por un determinado nivel conceptualización científica.

Con esto concluimos la exposición del primer enfoque representacional.

2) ENFOQUE SEMANTICISTA DE van FRAASSEN

A diferencia del enfoque estándar del positivismo lógico, el *enfoque semanticista* orienta el estudio de la ciencia, ya no hacia sus aspectos lingüísticos, sino a sus teorías y modelos; esto es, las teorías ya no son vistas como entidades lingüísticas, sino como familias de estructuras – modelos-. En este enfoque las teorías científicas se identifican a través de sus modelos. El enfoque de van Fraassen se identifica con la propuesta de Suppes, de aquí se extrae el concepto de modelo. En la propuesta de Suppes un modelo es un tipo especial de estructura matemática consistente en ciertos dominios, los cuales idealizan porciones de la realidad física, y determinadas relaciones y funciones definidas sobre tales dominios. En la teoría de modelos, un modelo es una interpretación abstracta bajo la que se satisfacen los enunciados de una determinada teoría; los modelos se entienden desde su sentido matemático, esto es, como conjuntos estructurados.¹⁵ Al tomar una teoría (compleja) se ve que es una teoría compuesta por muchas teorías interrelacionadas entre sí.¹⁶

En el *enfoque semanticista* de van Fraassen¹⁷ la clase de los modelos de la teoría se realiza por medio de la *definición teórica de la teoría*.¹⁸ Esta definición teórica no proporciona una descripción completa de la teoría, ya que una teoría empírica es algo más que una estructura matemática. Recordemos que lo que buscamos es que el enfoque dé una relación de representación adecuada entre la teoría y la realidad, entre el sistema representante y el dominio representado. Al considerar una teoría como una mera clase (conjunto) de modelos, no se le pueden asociar ciertos atributos epistémicos: ver si es verdadera o falsa, si es empíricamente

¹⁵ Para ver en lo que consiste la propuesta de Suppes ver: Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 77.

¹⁶ Ej. La mecánica clásica, ya que ésta comprende un determinado número de teorías interrelacionadas entre sí: la mecánica de partículas, la mecánica del sólido rígido, la mecánica de sólidos y gases, etc.

¹⁷ Para explicar en lo que consiste el enfoque nos ayudaremos del artículo «La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico», de Ana Rosa Pérez Ransanz; y del artículo «Sobre la base empírica del conocimiento científico» de José L. Falguera.

¹⁸ Es una definición teórica de la teoría, debido a que van Fraassen nunca abandona el ámbito teórico, aún cuando introduce el elemento de la hipótesis teórica, el cual representa a los sistemas reales.

adecuada o no, etc. Así que para poder hilar el nivel teórico con la realidad, van Fraassen completa la descripción de la teoría con un segundo elemento, además de la clase de modelos, el cual fijará la conexión entre los sistemas matemáticos y los sistemas reales; este segundo elemento constitutivo de la teoría es la *hipótesis teórica*. Sobre este asunto Pérez Ransanz nos dice: “no podemos identificar una teoría con su clase de modelos, dado que una clase (conjunto) no puede ser verdadera o falsa, por tanto la teoría debe incluir algo más, y esto es una *aserción* (hipótesis teórica) acerca de su clase de modelos. Esta *aserción* es la que pondría en relación los sistemas reales con los modelos de una teoría... dicha relación es de subsunción... además la *aserción* no nos compromete a ver la teoría como una entidad lingüística ya que la *aserción* es una proposición y las proposiciones no son objetos lingüísticos.”¹⁹ Por tanto: *una teoría consiste en un conjunto de modelos, caracterizados por una “definición teórica”, más una hipótesis teórica (aserción empírica) acerca de la relación entre ciertos tipos de sistemas reales y los modelos de la teoría*. Según Pérez Ransanz, van Fraassen sigue a Giere al incluir la *hipótesis teórica* en la identidad de una teoría; lo que propone Giere es: “Las teorías son familias interrelacionadas de modelos aplicables a sistemas reales particulares, y que tienen en común un determinado *approach* o uso de ciertos principios fundamentales de modelización... El objetivo es ofrecer una imagen plausible de la *objetividad* científica: en concreto, las semejanzas y diferencias entre los modelos y los sistemas reales que se supone representan. El grado de exactitud de las representaciones resultantes, el alcance de los modelos en la caracterización de sistemas reales y el grado de control del comportamiento de los sistemas reales que los científicos pueden lograr mediante aquellos, son aspectos medibles u objetivamente describibles del progreso científico.”²⁰ De este modo, la *hipótesis teórica* asevera que cierta clase de sistemas reales M_R está contenida en la clase M_T de los modelos identificados mediante la definición teórica:

$$M_R \subset M_T$$

Sin embargo, Ibarra y Mormann nos dicen que van Fraassen no desarrolla de manera suficiente la relación $M_R \subset M_T$, únicamente sostiene que la realidad constituye una subestructura del modelo. La misma objeción expone Pérez Ransanz al exponer: “van Fraassen no da un criterio operativo que permita recortar las subestructuras de los modelos de una teoría, éstas subestructuras corresponderían a las partes *observables* del mundo; y en su propuesta dicho criterio resulta indispensable, ya que la identificación de las teorías depende del hecho de que

¹⁹ Pérez Ransanz A. R., «La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p.112.

²⁰ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 28.

ciertas partes de sus modelos sean identificadas como *subestructuras empíricas*. Dichas subestructuras serían los candidatos para la *representación de los fenómenos observables* con los cuales la ciencia se puede confrontar con nuestra experiencia”.²¹

Veamos lo que van Fraassen nos dice acerca de las teorías:

“presentar una teoría es especificar una familia de estructuras, sus modelos; y, en segundo lugar, especificar ciertas partes de esos modelos (las subestructuras empíricas) como candidatos para la representación directa de los fenómenos observables. Una teoría es empíricamente adecuada si tiene algún modelo tal que todas las apariencias²² son isomórficas²³ con subestructuras empíricas de ese modelo” (van Fraassen 1980, 64)²⁴

En lo anteriormente citado vemos que la teoría no tiene una relación directa con la realidad empírica, sino que la representación directa de dicha realidad la encontramos en las llamadas *subestructuras empíricas*. Además el enfoque solamente funciona si la teoría es empíricamente adecuada, esto es, si y sólo si tiene un modelo tal que todos los fenómenos observables son *isomorfos* a las *subestructuras empíricas* de ese modelo.

Para esclarecer lo que esto significa vamos a comenzar examinando lo que van Fraassen entiende por ‘*fenómeno observable*’. Según Falguera, van Fraassen entiende por conocimiento básico o evidencia para la ciencia o *conocimiento observacional*, el conocimiento de carácter perceptivo, como tradicionalmente se ha asumido en la tradición empirista²⁵. Para Pérez Ransanz la noción de ‘*entidad observable*’, en van Fraassen no implica un compromiso ontológico con lo realmente existente; lo *observable* –los fenómenos que las teorías han de

²¹ Pérez Ransanz A. R., *Op. cit.* p. 114.

²² Las apariencias pueden considerarse como aquellas estructuras que pueden describirse en informes experimentales y de medición.

²³ Aquí encontramos uno de los conceptos esenciales para la representación, a saber: el *isomorfismo*. El isomorfismo tiene que ver con la noción de estructura. Una estructura es un conjunto X dotado de ciertas relaciones. Una aplicación $f: X \rightarrow Y$ entre dos conjuntos dotados del mismo tipo de estructura es un *isomorfismo* cuando cada elemento de Y proviene de un único elemento de X , y f transforma las relaciones que hay en X en las que hay en Y . Este concepto es importante en la representación porque tiene que ver con la preservación de estructuras. Un ejemplo de isomorfismo es: si en el espacio E elegimos una unidad de longitud y tres ejes mutuamente perpendiculares que concurren en un punto, entonces a cada punto del espacio podemos asociarles sus tres coordenadas cartesianas, obteniendo así una aplicación $f: E \rightarrow R^3$ en el conjunto de las sucesiones de tres números reales. Cuando en E consideramos la distancia que define la unidad de longitud fijada y en R^3 consideramos la distancia que define la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias, f es un *isomorfismo*. Para ver más acerca de este tema ver: <http://es.wikipedia.org/wiki/Isomorfismo>

²⁴ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 74.

²⁵ Falguera José L., «Sobre la base empírica del conocimiento científico», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 49.

salvar- no remite a datos sin ninguna elaboración, esto es, que la teoría no se enfrenta con datos crudos, sino con modelos de datos, y la construcción de estos modelos es un proceso sofisticado y creativo²⁶. De este modo vemos que lo *observable* en van Fraassen no se remite a lo inmediatamente dado, o mejor dicho, a la realidad en sí; el ámbito representado en este enfoque son las llamadas *apariencias*, las cuales se relacionan con la teoría a través de la *hipótesis teórica*.

Ahora examinaremos lo que quiere decir que una teoría sea *empíricamente adecuada*. Según van Fraassen una teoría es empíricamente adecuada si tiene algún modelo tal que todas las apariencias son *isomórficas* con *subestructuras empíricas* de ese modelo; esto es, que en el momento de *representar* las apariencias mediante las *subestructuras empíricas*, haya una preservación de estructuras.

Recordemos que las *subestructuras empíricas* son parte de los modelos de las teorías, de ahí que para poder vislumbrar el concepto de representación de este enfoque, es necesario analizar de manera precisa el procedimiento de identificación de la clase de los modelos de la teoría. Un componente esencial para la identificación de la clase de los modelos, y en el cual se basa la teoría representacional de este enfoque, es el concepto de *espacio de estados*; el cual se construye a partir de los conceptos de simetría, transformación e invariancia²⁷. El *espacio de estados* de un sistema es un conjunto cuyos elementos representan los estados posibles del sistema según la teoría. Por medio de la estructura del *espacio de estados* se pueden representar las relaciones estructurales que existen entre los diversos estados posibles del sistema, a las que en determinadas circunstancias se les asigna una *significatividad empírica*; cuanto más rica sea la estructura del *espacio de estados*, más complejas serán las relaciones que se pueden representar, y en su caso interpretar empíricamente. La posibilidad de esa interpretación depende de si las representaciones de los datos son invariantes bajo todas las representaciones admisibles; de aquí que uno de los problemas principales en la identificación de una teoría sea la determinación precisa de la clase de sus representaciones admisibles. Los grupos de simetrías de los *espacios de estados* de una teoría empírica fijan las estructuras del espacio de estados que se consideran relevantes y las que no; una estructura es relevante si y

²⁶ Pérez Ransanz, A. R., «La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico», *Variadas de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p.114.

²⁷ No explicaremos aquí en lo que consisten estos conceptos. Como veremos más adelante los conceptos que nos interesa resaltar y los cuales servirán para dar una relación entre el sistema representante y el dominio representado, es el de simetría e invariancia. Esto sólo en la propuesta de van Fraassen, ya que como veremos más adelante dichos conceptos se quedan cortos para dar una relación representacional adecuada. Lo importante es no de perder de vista estos conceptos, ya que los volveremos a encontrar cuando exponamos la propuesta representacional de Ibarra-Mormann.

sólo si es invariante bajo todas las transformaciones de simetrías, así, un enunciado es significativo si y sólo si se refiere a propiedades y relaciones relevantes. Lo que los grupos de simetrías determinan es la forma de las trayectorias que la teoría asigna para los procesos del sistema; en la fijación de esa forma únicamente tienen interés teórico sus aspectos invariantes. En resumen, una teoría empírica T se identifica por medio de la clase de sus modelos M_T , y estos, a su vez se caracterizan mediante sus *espacios de estados y grupos de simetrías*; y como hemos visto sólo son *significativos* y empíricamente interpretables aquellos enunciados que se refieren a propiedades y relaciones *invariantes*. Sin embargo, las *simetrías* no pueden definir unívocamente el mundo, ya que las *simetrías y transformaciones* (en el enfoque *semanticista*) corresponden únicamente al nivel teórico, *representante*.

El principal problema que el *enfoque semanticista de van Fraassen* presenta es que el enfoque concierne únicamente a la vertiente representante de la práctica teórica, esto si seguimos la idea de adecuación empírica en la que se basa van Fraassen: ‘una teoría es empíricamente adecuada si y sólo si tiene un modelo tal que todos los fenómenos observables son isomorfos a subestructuras empíricas de ese modelo. Recordemos que van Fraassen nunca abandona el dominio teórico (de ahí lo que decíamos anteriormente sobre la definición teórica de la teoría), aún cuando introduce las *subestructuras empíricas* como partes de los modelos de la teoría, no introduce un aspecto que de cuenta de que tales subestructuras son representaciones directas de las ‘apariencias’ o de los ‘observables’. Veamos lo que Falguera dice al respecto:

Aceptando que las subestructuras empíricas quedan caracterizadas por el aparato conceptual no-teórico de una teoría, resulta cuestionable que para toda teoría sus subestructuras empíricas den cuenta de los entes observables tal y como van Fraassen los entiende. Más bien parece que para la mayoría de las teorías sus respectivos aparatos conceptuales no-teóricos no representarían lo captado a través de nuestros órganos perceptivos. Además si, aún así fuera, sería difícil asumir el supuesto isomorfismo (o reflejos exactos) de la experiencia perceptiva que van Fraassen postula...La experiencia perceptiva es demasiado compleja para que se pueda proporcionar una representación isomórfica de la misma.²⁸

Por su parte, Ibarra y Mormann, nos dicen que van Fraassen devalúa la centralidad de la propia función representacional en la práctica de la teorización científica, atribuyendo significatividad en ella sólo a uno de sus ámbitos, al genuinamente teórico, representante. De lo que se trata es de

²⁸ Falguera José L., «Sobre la base empírica del conocimiento científico», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 50. Cabe mencionar que el principal problema que Falguera encuentra en el enfoque de van Fraassen es el relativo a las *subestructuras empíricas*, ya que éstas son representaciones directas de lo ‘observable’. El problema que Falguera encuentra es que van Fraassen no distingue el ‘conocimiento observacional’ del ‘conocimiento de carácter perceptivo’, y ello acarrea muchos problemas para tratar la base empírica del conocimiento científico.

conceptualizar un dominio representado, en un enfoque que haga plausible la asunción de la relación entre la estructura de los modelos teóricos y la estructura de la naturaleza; de manera que no se reduzca aquella a una reflexión especular de ésta, y sea significativamente relevante para la ciencia actual. La teorización científica no consiste únicamente en la construcción del sistema representante, sino en la reflexión sobre la *relación representacional* entre un sistema representado y otro representante. La actividad científica está caracterizada por un doble aspecto: por un lado, algo que ya está dado, caracterizado en virtud de ciertas propiedades constantes, localizado espacio-temporalmente; y por otro lado, la representación simbólica, que es propiamente el objeto de esa actividad. Esto no quiere decir que el dominio representado pertenezca (como en el enfoque estándar del positivismo lógico) al lo 'inmediatamente dado' o a la experiencia cruda, sino que, como veremos más adelante, el dominio representado puede estar formado por símbolos, que a su vez serán representados por la teoría. En otras palabras, que un sistema conceptual pertenezca al ámbito representado o al representante depende del contexto de teorización.

Esto se verá con mayor claridad a partir de la exposición del tercer y último enfoque representacional: *el enfoque contextualista de Margenau*.

3) ENFOQUE CONTEXTUALISTA DE MARGENAU.

ACTIVIDAD REPRESENTACIONAL COMO VAIVÉN ENTRE DATOS Y CONSTRUCTOS SIMBÓLICOS

Margenau distingue dos niveles en la conceptualización teórica física: el nivel de los datos y el de los constructor simbólicos; esta estructura de los dos niveles impregna todos los ámbitos de la física. Para ilustrar lo anterior se pone el ejemplo de la caída de los cuerpos:

“observamos un cuerpo que cae o muchos cuerpos que caen; se toma entonces dicho cuerpo bajo custodia mental y lo equipamos con propiedades abstractas, las cuáles no son inmediatamente evidentes ni empíricamente necesarias, expresadas en la ley de gravitación universal... Dicho cuerpo ya no es el originalmente percibido, ya que le hemos añadido esas propiedades.”²⁹

²⁹ Margenau H., «Methodology of Modern Physics», *Philosophy of Science*, p. 57.

Recordemos lo que nos dice la Ley de la Gravitación Universal de Newton: *la fuerza que ejerce una partícula puntual con masa m_1 sobre otra con masa m_2 es directamente proporcional al producto de las masas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.* Y según las leyes de Newton, toda fuerza ejercida sobre un cuerpo le imprime una aceleración. De este modo tenemos que, siguiendo el ejemplo de Margenau, el cuerpo que cae es la partícula puntual con masa m_1 , y el cual, según las leyes sufre una aceleración. Dicho cuerpo puede ser una piedra cualquiera, pero al tomarlo bajo “custodia mental” la equipamos con las propiedades abstractas ‘masa’, ‘aceleración’, ‘fuerza’, etc. y es entonces cuando dicho cuerpo ya no es el mismo. De este modo vemos cómo es que se muestran los dos niveles, el de los *datos* y el de los *constructos simbólicos*; en el nivel de los *datos* encontramos al *cuerpo que cae*, y en el nivel de los *constructos simbólicos* encontramos a la *partícula puntual con masa que sufre una aceleración*.

Ahora, según Margenau, la principal tarea de los *constructos simbólicos* es la de proveer instrumentos para la explicación física; y la condición que realmente se requiere para la admisibilidad de los constructos es que estructuralmente exista una *correspondencia permanente y extensiva* entre los constructos simbólicos y los datos.³⁰ Es esta condición la que nos permite identificar el tercer componente de la teorización física, dicho componente es la *correspondencia* entre datos y constructos.

Combinando los tres componentes, *datos*, *constructos simbólicos* y *la correspondencia entre ambos*, puede proponerse un formato general para la caracterización de una teoría empírica:

Sea D un dominio de *datos* y

C el dominio de *constructos simbólicos*.

Una teoría empírica es una representación $f: D \rightarrow C$.

La aplicación f ofrece una representación del dominio D de datos por el dominio C de constructos simbólicos.³¹

Para que el tercer componente de la teorización física se realice, es decir, para que la *correspondencia* cumpla con el requisito de ser *permanente y extensiva*, f ha de respetar la estructura de D y C . Esto se realiza fijando algunas constricciones relativas a la preservación de

³⁰ Encontramos que este enfoque es parecido a lo que Duhem expone en *La Teoría Física*, cuando nos expone el carácter simbólico de la ley física; debe haber una correspondencia entre los hechos y las leyes que representan esos hechos. Para ampliar al respecto ver: Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.222.

³¹ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 94.

estructuras, y la forma de dichas constricciones depende de la conceptualización de *D* (datos) y de *C* (constructos simbólicos).³²

Ibarra y Mormann mencionan que la anterior definición representacional tiene los siguientes rasgos distintivos:

- *Relatividad epistemológica*: La distinción entre los datos y los constructos simbólicos es relativa: según el contexto teórico, ciertas entidades pueden funcionar como datos o como constructos. De ahí el nombre de enfoque contextualista.
- *Pluralismo simbólico*: El dominio de los constructos simbólicos no está determinado de manera única por el dominio de los datos; existen constructos simbólicos incompatibles entre sí para los mismos conjuntos de datos.
- *Utilidad, economía y precisión*: Los constructos simbólicos se construyen para ser útiles en el logro de determinados objetivos. Una buena teoría es aquella que cubre una amplia variedad de fenómenos con la menor inflación teórica posible.
- *Excedente conceptual*: Un cometido importante de la reconstrucción filosófica de las teorías empíricas es la elucidación precisa de la estructura y función de la correspondencia entre datos y los constructos simbólicos. Los constructos simbólicos generan un excedente conceptual, que puede ser utilizado para determinar, explicar y predecir aspectos previamente inaccesibles mediante la exclusiva afluencia de los datos.

La representación de datos mediante constructos simbólicos tiene una doble función: *explicativa* y *exploratoria*. Mediante la función *explicativa* se obtiene nueva información acerca de los datos o una explicación para ellos; y mediante la función *exploratoria* se estimula una nueva investigación conceptual sobre los constructos simbólicos. En ambas la representación faculta el encaje de los datos en marcos teóricos explicativos coherentes; la correspondencia entre los datos y constructos simbólicos constituye la base de la explicación teórica.

³² Thomas Mormann, «El concepto de representación en la tradición neokantiana: de Helmholtz a Cassirer», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p. 76.

En este enfoque se nos presenta de nuevo una de las principales problemáticas de la representación, si no es que el principal problema, a saber: la determinación del dominio de los datos y de los constructos simbólicos. La única aclaración que encontramos es la que Ibarra y Mormann hacen (*op. cit.* p. 96) acerca del dominio de los *datos*: los datos no deben concebirse como lo 'inmediatamente dado', según la interpretación de los positivistas lógicos. El motivo de esta aclaración aparece cuando se exponga la *relatividad epistemológica* que presenta el enfoque. Pero no es el objetivo de este escrito aclarar la naturaleza de ambos dominios; por tanto, al igual que Ibarra y Mormann, nos enfocaremos sólo a exponer los rasgos distintivos de las diversas propuestas representacionales.

En este enfoque la actividad científica puede caracterizarse como un movimiento de oscilación entre el área de los datos y el de las construcciones simbólicas. Margenau llama a este movimiento 'swing' o 'vaivén'. Asumiendo este movimiento oscilatorio característico:

Sea D un dominio de datos y C un dominio de constructos simbólicos.

Una teoría empírica es una entidad determinada por un dominio de datos D y otro de constructos simbólicos C ; la teoría está equipada con

una aplicación $f: D \rightarrow C$ y

una interpretación simbólica $s: C \Rightarrow D$.

De la anterior definición: la aplicación f se denomina *representación* del dominio D de datos por el dominio C de constructos simbólicos; la interpretación simbólica s puede describirse como un operador que retrotrae las estructuras significativas del dominio C al dominio de datos D , proporcionando así interpretaciones empíricas para los conceptos teóricos de la teoría. La representación $f: D \rightarrow C$ se concibe como una aplicación preservadora de estructuras, en el sentido que habitualmente toma este concepto la matemática, esto es, D y C se interpretan como sistemas relacionales, como conjuntos equipados con un conjunto de relaciones; además de que f se interpreta como un homomorfismo (parcial)³³. La interpretación simbólica $s: C \Rightarrow D$, desde el punto de vista estructural, puede caracterizarse como un instrumento para retrotraer estructuras significativas de C a D vía f , de este modo s establece una D -interpretación de una estructura originalmente definida sólo para C , lo que equivale a una especie de inducción del dominio de los constructos simbólicos en el dominio de datos, facultando así el equipamiento de D con un nuevo significado.

De este modo una teoría representacional puede denotarse por:

$$C \Rightarrow^s D \rightarrow^f C$$

O

$$D \rightarrow^f C \Rightarrow^s D$$

Donde C es el dominio de los constructos simbólicos y D es el dominio de datos. O expresado de otra manera:

$$D \xrightleftharpoons[f]{s} C$$

Como podemos apreciar f y s inducen una especie de círculo, es decir una especie de dialéctica. Según Margenau la investigación física se mueve esencialmente según un ciclo peculiar: comienza con hechos definidos, perceptibles; de ahí pasa a un campo en el que, al menos

³³ Se dice que es un homomorfismo 'parcial' porque en matemáticas un homomorfismo desde un objeto a otro de la misma clase, es una función que es compatible con toda la estructura relevante; y en este caso no se habla de la misma clase de objetos (datos y constructos), pero sí de una preservación de estructuras.

algunos de los elementos operatorios, no son directamente perceptibles, y donde existe una gran libertad para las constricciones empíricas; y, finalmente, vuelve a emerger de nuevo el dominio de los hechos perceptibles. (Margenau 1935, 57).³⁴

Para aclarar esto pondremos un ejemplo de cómo es que el dominio de datos D es representado por el dominio de los constructos simbólicos C , y cómo éste pasa de nuevo al dominio de datos D ; nos ayudaremos de lo que Duhem nos dice en *La teoría Física*³⁵:

Nos encontramos en el laboratorio para realizar el experimento de la fusión del hielo. Primero nos enfrentamos a una experiencia que se realiza bajo condiciones concretas, es decir, nos encontramos frente a un recipiente llamado calorímetro, el cual contiene agua y hielo, y dentro del recipiente encontramos un termómetro que mide cierta temperatura. Este hecho práctico, que pertenece al dominio de datos D , será traducido a un hecho teórico, esto es, pasará al dominio de los constructos simbólicos; esto lo hacemos remitiéndonos a las leyes de la termodinámica las cuáles nos dicen que el punto de fusión del hielo es de 0°C , además que tiene una densidad relativa de $0,9168 \text{ g/cm}^3$ (comparada con la densidad del agua que es de $0,9998 \text{ g/cm}^3$), y que un aumento de presión tiende a transformar el hielo en agua. Para traducir las condiciones de nuestra experiencia (datos) sobre la función del hielo sustituimos el símbolo P de la presión por un valor numérico, por ejemplo 10 atmósferas; además debemos observar los valores que marca el termómetro. De este modo hemos pasado del dominio de datos al dominio de constructos simbólicos, recordemos que en este paso hay una preservación de estructuras, ya que la aplicación de la representación de los datos mediante los constructos respeta las estructuras de ambos. Ahora, a estos constructos simbólicos, en el desarrollo matemático de la teoría, les corresponde un segundo paquete de constructos simbólicos; este segundo paquete representa el resultado del experimento. El resultado del experimento no puede quedarse en el nivel de constructos simbólicos, sino que tiene que ser traducido nuevamente al dominio de datos, sólo así, dice Duhem, conoceremos realmente el resultado que la teoría asigna a nuestra experiencia. Recordemos que en este paso se retrotrae las estructuras significativas de los constructos simbólicos a los datos. De este modo se realiza el círculo margenauiano de *datos-constructos-datos*.

³⁴ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 100.

³⁵ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 177-181.

Uno de los principales objetivos que se plantean Ibarra y Mormann es justamente elucidar formalmente la mencionada estructura cíclica, al menos de manera parcial.

Con esto finalizamos la exposición de los tres enfoques representacionales. Ahora pasaremos a analizar la propuesta representacional de Ibarra y Mormann.

II

PROPUESTA REPRESENTACIONAL IBARRA-MORMANN

De la invariancia estructural a la significatividad pragmática

Lo que se proponen Ibarra y Mormann es plantear un enfoque representacional de la ciencia que faculte una interpretación razonable de los *cambios estructurales* que la *práctica científica* introduce inter e intrateóricamente; dicho enfoque ha de poner especial atención a los aspectos pragmáticos de la ciencia, además de ver cómo se traslada de una estructura teórica a otra en los procesos de generalización teórica. Para ello se diseñará una **teoría de la representación significativa**¹, la cual sostiene que la significatividad empírica de una entidad teórica, representacionalmente construida, está determinada por la relación de representación, que la vincula estructuralmente con la estructura relacional asociada al objeto representado, y concretada en una red abierta de significados posibles, que serán fijados por su aplicación a distintos marcos, teóricos o fenoménicos. Es decir, la relación de representación que se da entre el objeto representado y la teoría que lo representa es lo que provee de significado a las entidades teóricas. La relación de representación se concibe como una aplicación preservadora de estructuras², ya que es ella la que da significado a la teoría. El enfoque planteado podrá aplicarse a teorías reales de naturaleza y origen disciplinar diverso; el enfoque funciona sí y sólo sí es aplicable a la práctica. De lo que se trata es de hacer plausible un enfoque representacional que dé cuenta del modo en que la ciencia procede. Para ello es necesario tomar en cuenta todo lo que rodea a esta y ver el tipo de conocimiento que de ella se desprende.

1) INTRODUCCIÓN

El tomar a la representación como un mero reflejo, en el sentido de una imagen reflejada en un espejo, no guarda relación alguna con la práctica real de la representación en la ciencia y en la filosofía. Como ya vimos el modelo reduccionista de la representación es insuficiente; la

¹ Este aspecto del enfoque representacional lo expondremos posteriormente cuando desarrollemos el apartado de la significatividad representacional.

² Lo que Ibarra quiere decir con preservación de estructuras es que la representación (teoría) represente de manera satisfactoria al objeto representado; para ello tanto la representación como lo representado deben de tener la misma estructura. Para ampliar sobre este asunto ver las definiciones de *isomorfismo* y *homomorfismo* citadas en el capítulo anterior.

representación no puede simplemente asimilarse a la *reducción*, sino que está moldeada de manera esencial a un componente complementario al de la *reducción*; ese componente puede caracterizarse como *inducción*, esto es, como introducción de una nueva complejidad en el sistema representante. Como se verá más adelante, la representación puede interpretarse como un proceso dialéctico abierto de *reducción e inducción (introducción)* de complejidad, que permite eludir completamente el reductivo concepto de la representación como mero reflejo. La nueva complejidad del dominio representante es la que faculta de manera esencial para cada representación, la producción de un nuevo saber acerca del dominio representado; este aspecto aplicativo en el dominio representado es esencial en un concepto plausible de representación. El auténtico propósito de la representación es la aplicación de la teoría del sistema representante al sistema representado. Las reglas de inferencia del sistema representante son más transparentes que las reglas del sistema representado. Esta estimación es de naturaleza abductiva; la abducción representacional permite elucidar el carácter inductivo del propósito de la representación, la representación es una especie de *traducción* establecida en un registro no neutral. Esta función inductiva de la representación no se limita de ningún modo al ámbito de la matemática, sino que es característico también de las teorías empíricas.

Por otro lado, muchas veces se confunde el concepto de *representación* con el concepto de *semejanza*, y según Andoni la *representación* no siempre funciona así. Tomamos el ejemplo que Ibarra y Mormann exponen:

Cuando tratamos de localizar un libro en la biblioteca. No es necesario buscar en todos los estantes... sino que basta con consultar el fichero en donde los libros están *representados* por medio de fichas... La ficha es un signo *representante* del libro, que no guarda ninguna *semejanza* con lo representado, esto es, el libro. Del mismo modo, el fichero es un sistema que *representa* la biblioteca.³

De este modo vemos como el concepto de *semejanza* no es la representación en sí, si no que es solamente un requisito para que ésta se lleve a cabo. Mas adelante veremos que este requisito de *semejanza* no debe interpretarse como una 'copia' o como una reproducción, pensando en un pintor que elabora un cuadro, de la realidad, sino que debe interpretarse el concepto de *semejanza* basándonos en la *preservación de estructuras*.

³ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 289.

A parte del requisito de *semejanza* que requiere la representación, es una característica esencial importantísima la *intencionalidad de la representación*.⁴ Los dos aspectos complementarios de *reducción* e *inducción* de complejidad remiten a un rasgo fundamental del concepto de representación, a saber: su componente *pragmática intencional*, es decir, el hecho de que la representación es siempre representación para un sujeto. La situación determinada por los aspectos reductivo e inductivo de la representación induce una imagen distinta respecto de la intervención del sujeto de la representación. Existe una multiplicidad de reducciones e inducciones posibles en un fenómeno, la cuestión significativa es preguntarse cuál es la representación más adecuada para tal o cual propósito. Por tanto, la consideración de los aspectos reductivo e inductivo de la representación evidencia que la representación comprende una componente subjetiva pragmática. Este aspecto lo encontramos en la *Teoría Física* de Duhem, cuando este nos expone el modo de elaboración de las leyes físicas:

Cómo se hacen las leyes en física: a un hecho dado no le corresponde un único juicio simbólico, sino una infinidad de juicios simbólicos diferentes, y el grado de indeterminación del símbolo es el grado de aproximación del experimento en cuestión. Consideremos una serie de hechos análogos; hallar la ley de estos hechos sería hallar una fórmula que contenga la representación simbólica de cada uno de estos hechos, la indeterminación del símbolo que corresponde a cada hecho provoca entonces la indeterminación de la fórmula que ha de reunir todos esos símbolos. A un mismo conjunto de hechos se le puede hacer corresponder una infinidad de fórmulas diferentes, una infinidad de leyes físicas distintas, y, cada una de esas leyes para ser aceptada, debe hacer que a cada hecho le corresponda no el símbolo de ese hecho, sino uno cualquiera de los infinitos símbolos que pueden representar ese hecho.⁵ Y según sea lo que el físico esté buscando tomará la simbolización que más le convenga.

En este ejemplo podemos ver el carácter intencional de la representación, ya que el físico elige una simbolización sobre otra de acuerdo a la conveniencia de lo que está buscando.

En conclusión, la actividad científica se interpreta como la búsqueda de estructuras representacionales adecuadas para estructuras de datos, estructuras teóricas dadas, etc. y la elaboración de razonamientos unificadores, susceptibles de ser validados como explicaciones o perspectivas de interés heurístico. El estudio de esta actividad compete a una pragmática de la

⁴ Ibarra Andoni, «La naturaleza vicarial de las representaciones», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p. 33.

⁵ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.221-229.

ciencia concebida como una filosofía de las prácticas científicas. Una teoría pluralista de las representaciones científicas construye los modelos de representación para determinadas estructuras de datos, y al mismo tiempo explicita el proceso seguido en esa constitución en un marco de actitudes proposicionales. Los procesos de construcción de las representaciones científicas no son casuales, sino selectivos en tanto que se hallan guiados por las intenciones de los científicos. Por tanto, una teoría pragmática de la representación faculta el análisis y la evaluación de los rendimientos genuinamente epistémicos de los constructos teóricos representacionalmente elaborados, y además de los procesos de esa elaboración de acuerdo con las intenciones de los científicos. Los criterios de eficiencia epistémica, que vinculan los fines y medios de la investigación, son relativos a la dialéctica característica de reducción e inducción de complejidad. La inducción de complejidad es estrategia característica del procedimiento cognitivo representacional, ya que emerge en la secuencia dinámica de interpretantes, y es relativa a las intenciones perseguidas en el proceso teórico. Los modelos representacionales tienen un cometido fundamentalmente pragmático: identificar una práctica dirigida a la producción de tales modelos de representación en el marco de una tradición teórica.

A continuación expondremos a grandes rasgos las características principales de la propuesta pragmática representacional de Ibarra y Mormann, las cuales trataremos a detalle durante el desarrollo del capítulo.

1.1) CARACTERÍSTICAS DEL ENFOQUE PRAGMÁTICO-REPRESENTACIONAL DE LA CIENCIA

Debido a que se afirma el carácter representacional del conocimiento científico y del conocimiento en general, es necesaria la construcción de una *teoría representacional de la ciencia*, a partir de lo que las teorías científicas existentes ofrecen. Para lograrlo se hace, en primer lugar, la identificación de los componentes y relaciones de las teorías, para que a partir de estos se puedan construir las estructuras que permitan explicitar la práctica representacional de la ciencia. Aquí la ciencia no se interpreta ya lingüísticamente, sino como el producto de una práctica genuina de representación, modelo del conocimiento científico, que opera sobre estructuras cognitivas generadas por reglas funcionales de carácter general.

En este enfoque se decide abordar de manera autónoma la teorización de las representaciones científicas, esto es, desde el punto *pragmático-representacional*. Esto permite la singularización del significado de las entidades teóricas en un marco complejo en el que, junto

a los componentes semánticos, se incluyen los *contextos de aplicación –intencionalidad de la representación-* de esas entidades, como elementos constitutivos de su significación: toda entidad simbólica en un determinado contexto es una *presentación* de esa entidad, no reducible a consideraciones semánticas, intencionales o extensionales. Las entidades teóricas son representaciones para ser usadas por un sujeto –individual o comunitario-. La base pragmática del enfoque se da al ver cómo explica una persona determinadas observaciones empíricas por medio de dispositivos conceptuales más o menos estructurados. Para mostrar que el lenguaje utilizado por los científicos difiere del lenguaje común, y que en lenguaje científico –en las teorías mismas- encontramos representaciones que son estructuradas de acuerdo a la *intencionalidad* del(os) sujeto(s) que las utiliza, nos remitiremos a los ejemplos que Duhem expone al diferenciar el *lenguaje técnico* del *lenguaje científico*.

Ejemplo de *lenguaje técnico*: nos encontramos en un velero y el oficial de guardia grita: «¡Todos a las bolinas!» Como no somos expertos marineros, no sabemos lo que esas palabras significan, pero vemos que los hombres de la tripulación se dirigen a unos puestos previamente asignados, agarran unos cabos concretos y tiran acompasadamente de ellos. Las palabras del oficial designan objetos concretos bien determinados, y despiertan en la mente de los marineros la idea de una maniobra ‘única’ conocida que hay que realizar.⁶

En el ejemplo vemos que el *lenguaje técnico* representa hechos concretos determinados, y que dicha representación se hace de manera inmediata. Podemos establecer una cierta relación entre éste lenguaje y el lenguaje observacional, expuesto anteriormente en el enfoque del positivismo lógico. No hay una operación intelectual compleja entre el *lenguaje técnico* y los hechos concretos que éste describe, es decir, la manera en la que se expresa lo observado no requiere una estructuración conceptual compleja y el significado de las conceptualizaciones se constata directamente con lo que se observa. El hecho al que se refiere “todos a las bolinas” es un hecho único y determinado. Además, aunque no seamos diestros en el arte u oficio en el que se utiliza dicho lenguaje, no nos resultará difícil descifrar lo que éste describe.

Ejemplo de *lenguaje científico*: supongamos que ante un físico se pronuncia la siguiente frase: «Si se aumenta la presión en tantas atmósferas, se aumenta en tantos voltios la fuerza electromotriz de una pila determinada.» Para los que conocen de física pueden transformar en hechos este enunciado, pero hay que destacar que dicha transformación puede hacerse de infinitas maneras distintas. Por ejemplo: puede ejercer presión vertiendo mercurio en un tubo, o manejando

⁶ *Ibid.*, p. 196.

una prensa hidráulica, o haciendo subir un recipiente lleno de líquido, etc. del mismo modo se puede medir esta presión con un manómetro de aire libre o de aire comprimido o con un manómetro metálico, etc. Para apreciar la variación de la fuerza electromotriz puede hacer uso de electrómetros, galvanómetros, de voltímetros, etc. Para los que no estamos versados en física todas estas manipulaciones nos parecerían la realización de experimentos diferentes, de hechos diferentes; pero, para el físico la constatación de todos estos hechos se expresa mediante el enunciado: la fuerza electromotriz de una pila aumenta en tantos voltios cuando la presión aumenta en tantas atmósferas.⁷

Como vemos en el ejemplo, una de las principales diferencias entre el *lenguaje técnico* y el *lenguaje científico* es que este último puede traducirse en hechos de infinitas maneras diferentes, ya que todos estos hechos dispares admiten la misma interpretación teórica. Esto nos hace pensar que entre un símbolo abstracto, el enunciado teórico, y un hecho concreto, el experimento, puede haber correspondencia pero no puede haber igualdad total. Es decir, que la representación que se da en el *lenguaje científico* no se da de manera inmediata, sino que es producto de un proceso intelectual complejo.⁸ Además de que el enunciado teórico es una fórmula simbólica que no tiene ningún sentido para aquellos que ignoran las teorías científicas, en el caso del ejemplo las teorías físicas. De este modo vemos como las entidades teóricas, aparte de sus componentes semánticos, incluyen *contextos de aplicación* para su significación. La tesis que se sostiene es que *la significación teórica de una estructura conceptual está asociada al conjunto de mecanismos explicativos representados por la estructura*. Lo que se tiene que ver es en qué sentido el significado teórico de una estructura conceptual descansa en los procedimientos de adecuación constructiva fijados para esa estructura representante que se pretende explicativa.

La ciencia es una representación más refinada que la del conocimiento corriente; el conocimiento empírico que una teoría ofrece, puede identificarse con la existencia de un dispositivo conceptual representante, que puede aplicarse con éxito a una determinada clase de ámbitos empíricos.⁹ Por tanto, la caracterización de la ciencia que se propone, ha de conectarse

⁷ *Ibid.*, p. 197.

⁸ Dicho proceso es lo que Ibarra y Mormann ven en el modo de proceder de la comunidad científica, esto es, en la práctica científica misma. En el siguiente apartado analizaremos la importancia que tiene esta práctica y los elementos epistémicos que ésta aporta.

⁹ Aquí podemos comparar esta *aplicación* a la que Ibarra se refiere, con lo que Duhem dice al exponer el valor de las teorías (físicas): una teoría verdadera será aquella que represente de manera satisfactoria un conjunto de leyes experimentales. El control experimental de la teoría física consiste en comparar todo el sistema de la teoría física con todo el conjunto de leyes experimentales, y en juzgar si éste está representado por aquél de manera satisfactoria. Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 271.

con las condiciones que debe satisfacer la representación científica, y más concretamente, con las condiciones que ha de cumplir esa representación para ser aplicada, esto es para poder explicar lo que le sea dado explicar. Un sistema formal nunca representa por sí mismo un ámbito empírico, sino que son los científicos quienes deciden la adecuación de la representación; ellos hacen uso de las teorías para representar más o menos exitosamente clases de fenómenos específicos y explicar así las propiedades del comportamiento de esos fenómenos. El estudio de la representación no concierne únicamente al análisis de las formas estructurales de los sistemas representacionales, sino también a la relación que estos tienen con la experiencia en la que se desarrollan. La caracterización de formas estructurales, representacionales, es irrelevante en sí misma, en tanto no se introduzca un referencial para los sistemas estructurados que determine la representación; dicho referencial viene fijado por la *intencionalidad* del sujeto que aplica las estructuras, a saber, el científico. Las representaciones posibles aparecen como relativas al uso de un aparato estructural, pero la diversidad de posibilidades representacionales incide en la realización práctica de las estructuras de manera diferente. No siempre queda afectado el contenido estructural de un concepto o una teoría; pero sí lo está la orientación del concepto o la teoría hacia uno u otro uso.¹⁰

Por tanto las características que el enfoque debe presentar son:

- I) la ciencia consiste en la representación de determinados objetos – estructurados- por medio de modelos.
- II) la condición de posibilidad de la representación –en la ciencia- está determinada por la existencia de una adecuada relación preservadora de estructuras entre el objeto representado y su representación. Dicha preservación de estructuras está expresada por el ***razonamiento subrogatorio***.

Confirmado también por Mundy: el objetivo de la representación es la aplicación de la teoría del sistema representante al sistema representado. (Mundy 1986, Swoyer 1991)

¹⁰ Más adelante expondremos en lo que consiste este elemento de *intencionalidad* en las representaciones. Por el momento, responderemos a la pregunta de si el *enfoque pragmático-representacional* responde a algún tipo de realismo. Nosotros respondemos a esto que no, ya que si aceptáramos el enfoque de Ibarra y Mormann como un enfoque realista tendríamos que aceptar en primer lugar, que la imagen que la ciencia nos proporciona acerca del mundo es verdadera; y, en segundo lugar, tendríamos que aceptar que las entidades enunciadas por las teorías existen realmente, ya sean éstas positrones, átomos, etc. Por otro lado, Ibarra y Mormann toman como antecesor teórico a van Fraassen, y este se caracteriza a sí mismo como un anti-realista. Y la posición anti-realista de van Fraassen la encontramos en lo él entendió como *empirismo constructivo*, cuyo enunciado principal dice: “El objetivo de la ciencia es el darnos teorías que sean *empíricamente adecuadas*; y la aceptación de una teoría implica que ésta es empíricamente adecuada” (van Fraassen, *The scientific image*, Clarendon Press, Oxford 1980, p. 12). Por tanto, creemos que Ibarra y Mormann siguen esta línea de van Fraassen y no un realismo en los términos arriba señalados.

- III) La *significatividad teórica de la representación* queda fijada en un marco de aplicaciones acotado *intencionalmente* por el sujeto interpretante de esa representación. Aquí encontramos que la **representación significativa** se da por la realización del *razonamiento subrogatorio*. Además que la *intencionalidad* que caracteriza al enfoque nos introduce al **carácter pragmático de la representación**.

La ciencia está, ciertamente, condicionada por el carácter social y cultural concreto de su construcción; el criterio de significatividad se reorienta de las acciones instrumentales de la comunidad científica hacia los sistemas *simbólico-representativos objetivos* construidos.

Con esto concluimos la exposición de los rasgos generales que el enfoque representacional presentará, ahora nos adentraremos a la exposición de dicho enfoque, para ello lo expondremos en los siguientes apartados: del estudio de las teorías al análisis de las prácticas, en donde veremos la importancia que tiene, para elucidar la naturaleza representacional del conocimiento científico, el que se analicen las prácticas científicas; el razonamiento subrogatorio en la actividad teórica, aquí empezamos a exponer las características que presenta la propuesta representacional de Ibarra y Mormann; la representación significativa; y por último, la dimensión pragmática de la representación.

2) DEL ESTUDIO DE LAS TEORÍAS AL ANÁLISIS DE LAS PRÁCTICAS

El enfoque representacional que Ibarra y Mormann realizarán está basado en la práctica científica misma. Ahora lo que se pretende es dejar de analizar exclusivamente la estructura de las teorías¹¹, y considerar el estudio de las capacidades cognitivas humanas en el contexto de prácticas desarrolladas colectivamente por los científicos. El desarrollo científico no sólo depende de un acumulamiento de símbolos carentes de sentido, sino que es un desarrollo que nace de lo práctico, en este caso de la práctica de las comunidades científicas. Según Ibarra y Mormann las transformaciones que se han dado en las investigaciones sobre el desarrollo de la ciencia, desembocan en dos direcciones: **naturalista e historicista**.

¹¹ A diferencia de Carnap, quien nos dice en su *Construcción lógica del mundo* (p.17), que la ciencia solamente se ocupa de las propiedades de las estructuras de los objetos, y por tanto, es posible y necesario limitarse a formular proposiciones acerca de estructuras.

La exposición de la agenda naturalista y de la agenda historicista, nos proporciona los elementos necesarios para adentrarnos a éste carácter pragmático de la ciencia; además que Ibarra extraerá de dichos enfoques los componentes necesarios para la comprensión integral de la ciencia que él propondrá.

- **La agenda naturalista.** Los principales representantes que encontramos en este enfoque son Quine, Neurath, Giere, van Fraassen, etc.

En esta agenda las teorías científicas ya no son consideradas como los genuinos objetos de estudio, más bien se enfatiza la centralidad de los aspectos vinculados a la actividad científica misma. De lo que se trata es de comprender las capacidades y procesos cognitivos humanos desarrollados por las prácticas científicas, por ejemplo: explicar cómo los seres humanos dotados de determinados atributos logran aprender tanto acerca de las estructuras del mundo, ya sean éstas átomos, genes, etc.¹² A diferencia de la concepción estándar¹³, en la agenda naturalista las acciones científicas efectivas se desarrollan en el marco colectivo de comunidades científicas¹⁴, las cuáles pueden ser analizadas a partir de realidades teóricas subyacentes; es decir, a las comunidades científicas se les atribuyen propiedades correlacionadas con los frutos que producen, a saber: las teorías, y que las diferencian genuinamente de otros tipos de colectivos humanos. Lo que se propone es analizar el comportamiento de las comunidades científicas en relación a las teorías producidas por esa comunidad. De esta manera, una teoría naturalizada de la ciencia se interpreta como una teoría *representacional* del conocimiento científico que dé cuenta de las reglas que operan en el proceso cognitivo –representacional- característico de una comunidad científica, singularizando los componentes estructurales de los productos resultantes de ese proceso, esto es, las teorías científicas. El modo característico de *representación* en la ciencia es a través de teorías; de ahí la importancia que éstas tienen para poder determinar el proceder de la ciencia y la manera en que ésta opera.

Ejemplo de una propuesta naturalizada de la ciencia es la propuesta de Giere, que anteriormente en el enfoque de van Fraassen habíamos citado: “Las teorías son familias interrelacionadas de modelos aplicables a sistemas reales particulares, y que tienen en común un determinado *approach* o uso de ciertos principios fundamentales de

¹² Giere R. N., «Philosophy of Science Naturalized», *Philosophy of Science*, 52, 1985, p. 339-340.

¹³ Dicha concepción pretende singularizar las características estructurales de los enunciados científicos en el marco de una teoría formalizada, concebida ésta como arquetipo del lenguaje dotado de sentido.

¹⁴ Esta noción de ‘comunidad científica’ nos provoca problemas, ya que no creemos que la naturaleza del conocimiento científico esté en este aspecto gregario de los científicos, sino que éste lo encontramos en la práctica científica misma, la cual es independiente de este carácter comunal.

modelización. Los modelos son constructos sociales, como lo son también los juicios de la comunidad disciplinar relativos a su valor heurístico o epistémico. El objetivo es ofrecer una imagen plausible de la *objetividad* científica: en concreto, las semejanzas y diferencias entre los modelos y los sistemas reales que se supone representan. El grado de exactitud de las representaciones resultantes, el alcance de los modelos en la caracterización de sistemas reales y el grado de control del comportamiento de los sistemas reales que los científicos pueden lograr mediante aquellos, son aspectos medibles u objetivamente describibles del progreso científico. Los mecanismos de decisión en los procesos de elección científica son sociales, ya que se insertan en el marco delimitado por el 'conocimiento aceptado'¹⁵. Dicho conocimiento depende del trasfondo disciplinar del científico, de los intereses de la comunidad relevante, etc.¹⁶ Análogamente los juicios colectivos de los científicos determinan si la semejanza es suficiente; estos juicios están contruidos colectivamente y son dependientes de valores, intereses cognitivos y otros.¹⁷ Con esto podemos ver como la agenda naturalista no se limita al estudio de las teorías y a la comparación de éstas con la realidad, si no que además de esto toma en cuenta la manera en que el proceso cognitivo de la comunidad científica afecta al desarrollo de la ciencia. De este modo, el enfoque del estudio de la ciencia naturalizado es empírico, ya que produce un concepto de la ciencia suficientemente adecuado como *representación* de su propia actividad (práctica de la comunidad científica). Es empírico, no porque subordine el estudio de la ciencia a la relatividad de las condiciones que hacen posible el conocimiento científico, sino porque construye un criterio de objetividad que justifica, en base a la naturaleza representacional del conocimiento en general, el nivel de adecuación de la práctica científica real.¹⁸ En esto consiste el punto de partida para la realización de la propuesta pragmático-representacional de Ibarra y Mormann.

¹⁵ Un problema que Ibarra y Mormann ven en la propuesta de Giere es que la caracterización del juicio científico está tan fuertemente teñida de construccionismo social, que debería explicitarse lo que se entiende por el concepto de 'conocimiento aceptado'.

¹⁶ En este aspecto encontramos una analogía entre los procesos de elección científica expuestos por Giere, y cuando Duhem nos habla sobre la elección de hipótesis, éste nos dice que el físico no elige libremente las hipótesis en las que se basará su teoría física, sino que dicha elección está determinada por factores externos, parecidos a los que cita Giere. Ver Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 291-333.

¹⁷ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 28.

¹⁸ Recordemos lo que Carnap pretende hacer en el "*Aufbau*": la posibilidad de una reconstrucción racional de los conceptos que se usan en todo el campo del conocimiento, hacer de la filosofía la ciencia total unificada; la reconstrucción debe hacerse sobre una base de conceptos que, a diferencia de los naturalistas, Carnap fundamenta en 'lo dado'.

- **La agenda socio-historicista.** Algunos de los principales exponentes de este enfoque son Woolgar, Knorr-Cetina, Latour, etc. Esta agenda coincide con la naturalista en que para poder explicar un hecho cultural científico, no debe restringirse a la consideración exclusiva de las teorías y a la determinación de sus estructuras; además en esta agenda se enfatiza el aspecto *comunicativo* de la producción del conocimiento científico, el cual opera tanto en el interior de la comunidad científica como transcomunitariamente. Este rasgo *comunicativo* del conocimiento científico nos hace pensar en un *carácter social* de la ciencia, ya que los fenómenos de decisión teórica y contingencia presentes en el proceder científico, han de ser abordados desde el conocimiento de los *contextos sociales* específicos. Recordemos lo que decíamos anteriormente cuando exponíamos el modo como las elecciones científicas, tanto en Giere como en Duhem, se encuentran influenciadas por factores externos. Lo que le interesa a Andoni y Mormann sobre esta agenda socio-historicista es que la caracterización resultante de los mecanismos de objetivación científica, se fundamentan en el producto de la homogeneidad cultural de los científicos –las culturas epistémicas- que acuerdan evaluar ciertos constructos teóricos como científicamente válidos.¹⁹ A parte de este *carácter social* que esta agenda nos proporciona, encontramos también en ella el *carácter representacional* de la ciencia, el cual lo localizamos en la perspectiva de Woolgar: según éste hay que remplazar como objeto de estudio de la ciencia el término *ciencia* por el término de *representación*, ya que no existe algo semejante a lo habitualmente denotado como ciencia, sino que hay actividades prácticas muy diversas vertebradas en torno al ejercicio de *representación*. Para Woolgar la *representación* no es una mera imagen especular de la realidad²⁰, sino justamente la condición para aprehender cualquier tipo de objetividad; por tanto se prosigue el estudio de la ciencia como comprensión de nuestra capacidad para construir objetividades por medio de la *representación*. El aspecto que singulariza su caracterización de la ciencia es la naturaleza constitutiva de la realidad que atribuye a la representación, de ahí que Woolgar proponga una estrategia desconstruccionista de la ciencia. Sin embargo, para Andoni y Mormann, lo que se pretende es el análisis estructural que faculte la fijación de una homología funcional de las estructuras subyacentes a la práctica científica; por tal motivo no se sigue al pie de la letra la estrategia desconstruccionista de Woolgar. De este modo, el estudio socio-histórico, de

¹⁹ Esto nos hace pensar en el hecho de que la verdad, y no sólo la científica, se da por consenso; nos hace pensar en una practicidad de la verdad, ya que ésta es producto del consenso de la mayoría.

²⁰ Como ya habíamos expuesto en la introducción de este capítulo, el tomar a la *representación* como un mero reflejo no guarda relación alguna con la práctica real de la *representación* en la ciencia y en la filosofía.

la construcción de las entidades teóricas y de su uso aplicativo, contribuye a un conocimiento más adecuado del comportamiento científico y de la génesis de sus entidades típicas.

Las agendas anteriormente expuestas son relevantes para una teoría sociocognitiva de la ciencia, y el estudio de éstas es necesario para una comprensión integral de lo que se entenderá por ciencia. De este modo vemos que lo que ahora se tendrá que analizar en la ciencia, no son solamente las teorías, sino que hay que poner especial interés en la práctica científica, ya que de esta práctica se extraerán las características *representacionales* del conocimiento científico. Además, ambas agendas nos proporcionan un elemento esencial para la constitución de la *teoría de la representación significativa*, a saber: el papel de la práctica científica para la construcción de teorías. Ibarra y Mormann se centrarán en el análisis epistémico de los mecanismos generales de *representación* en la ciencia, por tanto, lo que se pretende es hacer explícitos los contenidos epistémicamente objetivados en la dinámica estructural de la ciencia. Pero no hay que olvidar que la objetivación de dichos contenidos es *social*, como se ha mostrado al exponer las agendas, y está fijada por los límites de la propia actividad socialmente estructurada de los científicos. De ahí que sea necesario exponer la caracterización, de Ibarra y Mormann, de la ciencia como una actividad *social* desarrollada por seres humanos en un contexto cultural específico.

El carácter *social* de la ciencia es una de las características que tendrá el enfoque *pragmático-representacional* propuesto por Ibarra y Mormann, ya que éste está basado en la práctica de las comunidades científicas, y como hemos visto, en esta práctica encontramos rasgos de índole *social*.²¹ En el enfoque *representacional-pragmático* la ciencia es vista como una actividad social desarrollada por seres humanos en un contexto cultural específico; según Ibarra y Mormann “La ciencia es una práctica social en un doble sentido: por un lado, en cuanto es aprendida de otros, recordemos el carácter *comunicativo* de la ciencia expuesto en la agenda socio-historicista; y por otro lado, porque está constituida por reglas convencionales que se siguen habitualmente (Barnes 1985). Un problema que se presenta es que el objetivo del análisis de una práctica científica no puede ser la descripción filosófica explícita completa de esa

²¹ Exponemos este carácter social de la ciencia debido a que el enfoque que Ibarra plantea está basado en la práctica científica, es decir, en una actividad con tintes sociales. Cabe señalar que no estamos de acuerdo en que el modo de operar de los científicos sea comparado con una práctica social; si se introduce lo social como un componente esencial en el desarrollo científico, primero debe determinarse qué se entiende por *lo social* y dicho problema aún no es resuelto.

práctica, ya que se requeriría de una teoría de la significación para la teoría científica, por eso, el análisis de la práctica ha de reducirse al escrutinio empírico de las acciones sociales de sus usuarios. (Fuller 1988 y Goldman1992)”²²

Según Ibarra y Mormann, la concepción *social* de la ciencia está sujeta a tres líneas críticas. No nos detendremos a exponer cada una de estas líneas, sino que nos limitaremos a presentar lo que se toma de cada una y los problemas que en ellas se encuentran.

- **1º Línea crítica. (uso de conceptos) Kuhnianos:** Se utilizan conceptos como los de *comunidad científica, teoría compartida*, etc. para abordar la caracterización empírica de la naturaleza social de la ciencia; pero no se dicen los criterios de identificación de dichos conceptos. La ventaja que da este criterio es que da cuenta de la naturaleza cambiante de las comunidades científicas, además de que permite situar espacio-temporalmente la estructura normativa interna de la comunidad científica. Ibarra y Mormann, por su parte, nos dicen que en lugar de una caracterización de las teorías, se pretende interpretarlas como géneros naturales, es decir, como entidades distinguibles de otras entidades culturales por determinadas características naturales que habrán de ser especificadas. No se sigue que entre los científicos exista una teoría compartida, se infiere más bien que la pretensión de conclusividad de todo sistema se contradice con el carácter abierto de las entidades teóricas que pueblan ese sistema: cada uno de ellos deja abiertas cuestiones que se espera sean resueltas en otros sistemas. Por tanto, no es necesario requerir una entidad común –perteneciente al lenguaje abstracto compartido-, independiente de las perspectivas que facultan la determinación parcial de su significado.²³
- **2º Línea crítica. Naturaleza Plural de las Teorías:** Este criterio apunta a la idea de una identidad fundamental para cada teoría. Esta noción hace que muchas veces se induzca a una dualidad entre la identidad esencial de la teoría y sus instancias parciales, las teorías efectivas, reales, que se distinguen entre sí a causa de la intervención de factores externos de carácter social. Pero dicha dualidad se desvanece cuando se contempla a las teorías como entidades plurales; la naturaleza plural de las teorías determina la urgencia de un enfoque pluralista para la ciencia y la habilitación de los instrumentos formales requeridos para su desarrollo. Este elemento que Ibarra tomará

²² Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 37-38.

²³ Aquí encontramos una clara diferencia entre el sistema que propondrán Ibarra y Mormann, y el sistema elaborado por Carnap, el logro de este último consiste en proporcionar un orden unitario de los conceptos bajo un solo sistema. En el sistema Carnap, la entidad común única a la cual son reducidos todos los conceptos es la relación *Rb*, la relación de recuerdo de semejanza entre las vivencias.

de esta segunda línea da la solución al problema arriba expuesto: la pretensión de conclusividad; el que no se requiera una entidad teórica común. La pluralidad de las teorías faculta el carácter abierto que éstas presentan.

- **3º Línea crítica. Ciencia como Práctica Social:** Aquí el conocimiento científico es básicamente la aptitud o capacidad para comprometerse en la práctica social. El problema que encuentran aquí Ibarra y Mormann es que esta caracterización pasa por alto la distinción entre el conocer una teoría y la aptitud para usarla; la significación teórica es irreductible al punto de vista semántico; además esta perspectiva pragmática tampoco reduce los aspectos característicamente semánticos de las entidades teóricas. Otro problema que surge de la noción de práctica social, es el del carácter social de esa práctica, como ya habíamos dicho, el problema de lo social aún no ha sido resuelto.

El que se piense en lo social se debe a que el conocimiento está inseparablemente vinculado a la acción práctica, ya que la intención requiere siempre de algún tipo de conocimiento de las reglas a aplicar, esas reglas son intersubjetivas o sociales –públicas- su conocimiento es común, no privado. La construcción de la ciencia se identifica con ese conocimiento común, patentizado en el comportamiento característico observado por una comunidad de científicos; la identificación de ese comportamiento es suficiente para ofrecer una prueba concluyente de la existencia de un conocimiento común. El comportamiento comunitario de los científicos es una de las fuentes epistémicas en las que se instancia el objeto de la investigación sobre la ciencia, pero no la única.²⁴ Con la exposición de estas tres líneas se justifica la importancia del análisis de la práctica científica.

Ahora pasaremos al análisis de uno de los elementos esenciales que el enfoque representacional de Ibarra y Mormann presenta, y que es esencial para la realización de la relación representacional. Dicho elemento es el *razonamiento subrogatorio*.

²⁴ No se puede excluir lo que los enfoques individualistas de la ciencia han aportado al análisis del conocimiento científico. En dicho enfoque los hechos históricos y sociológicos son supervenientes de los hechos psicológicos. Ejemplo de un enfoque individualista es el *Aufbau* de Carnap.

3) EL RAZONAMIENTO SUBROGATORIO EN LA ACTIVIDAD TEÓRICA

El tomar al *razonamiento subrogatorio* como una condición del conocimiento científico, permite que interpretemos a la ciencia como el resultado de construcciones teóricas típicamente *representacionales*. Una característica esencial de la representación es la realización del *razonamiento subrogatorio*. Este tipo de razonamiento caracteriza a las teorías científicas como aplicaciones preservadoras de estructuras, y esto permite que la significatividad empírica de las teorías supere los problemas planteados en los tres enfoques representacionales anteriormente expuestos. Por ello, es de esencial importancia atender la *relación de representación*²⁵, ya que ésta requiere de la preservación de estructuras, es decir, de la conceptualización del conocimiento según el mecanismo de sustitución representacional fundamentado en la semejanza estructural; sólo de este modo la representación puede reflejar la esencia de la cosa representada. Por ello, esta relación no debe verse más como una dicotomía entre los niveles observacional (empírico) y teórico, sino como una *aplicación preservadora de estructuras*. Por tanto, lo primero que se tiene que hacer es precisar la noción de *sistema relacional* y el aparato conceptual que se requiere para aproximarnos a mostrar el mecanismo de *razonamiento subrogatorio*.

3.1) SISTEMAS RELACIONALES Y PRESERVACIÓN DE ESTRUCTURAS

Al analizar los tres enfoques representacionales, expuestos en el capítulo anterior, vemos que en el *enfoque estándar del positivismo lógico*, la identidad de la teoría se asocia a una estructura axiomática, cuyas aserciones derivadas de ésta (por medio de determinadas reglas de inferencia) comprenden las leyes enunciadas en la teoría; y los dominios de aplicación de la teoría se identifican con campos de la realidad, esto es, que dichas aserciones se interpretan directamente en nuestro mundo, en lo 'dado'. Por otro lado, tanto en el *enfoque semanticista* como en el *enfoque contextualista*, vemos que la estructura teórica no se relaciona de manera directa con la realidad que pretende dar cuenta, sino que la realidad está representada estructuralmente por una clase de modelos, los cuales no son propios de la teoría,

²⁵ Además que dicha relación es la que determina la significatividad empírica de la teoría. Esto se tratará de manera más amplia en el siguiente apartado.

pero si son admisiblemente adecuados con relación al dominio intencional de aplicación. En estos dos enfoques, a diferencia del *enfoque estándar del positivismo lógico*, la función de *representación* es una aplicación más compleja que *preserva parcialmente las estructuras* de los sistemas relacionales involucrados. Se dice que *preserva parcialmente las estructuras* porque, como hemos expuesto anteriormente, en el *enfoque semanticista de van Fraassen* para que una teoría pueda ser empíricamente adecuada, todas las apariencias son *isomórficas* con subestructuras empíricas del modelo de la teoría; y si recordamos la noción de *isomorfismo*, vemos que ésta sólo se da en la aplicación $f: X \rightarrow Y$, donde cada elemento de Y proviene de un único elemento de X , y f transforma las relaciones que hay en X por las que hay en Y ; y como ya hemos visto la representación no es un mero reflejo especular, es decir, la representación no puede reducirse a un tipo de ella: la *representación isomórfica*. Ibarra nos dice que ese tipo de representación carece en general de interés, como lo muestra la existencia de dos mecanismos esenciales del hecho representacional: la reducción e inducción de complejidad. Según Ibarra “la función esencial de las representaciones científicas es lograr establecer alguna forma de *razonamiento subrogatorio*.”

En el caso del *enfoque semanticista de van Fraassen* la función preservadora de estructuras relaciona un modelo empírico con un modelo teórico que explica por qué en el modelo empírico ocurren tales o cuales cosas, a partir de las funciones teóricas introducidas; sin embargo, en dicho enfoque se fija un dominio reducido de representaciones, porque: sólo se admiten representaciones matemáticas o formales, no se consideran los casos de combinación de representaciones, e inducen imágenes representacionales que no toman en cuenta las prácticas de su producción.²⁶

Por otro lado, como vimos en el *enfoque contextualista de Margenau*, la representación $f: D \rightarrow C$ (donde D es el dominio de datos y C el dominio de constructos simbólicos) se concibe como una aplicación preservadora de estructuras, en el sentido que habitualmente toma este concepto la matemática, esto es, D y C se interpretan como sistemas relacionales, como conjuntos equipados con un conjunto de relaciones; además de que f se interpreta como un homomorfismo ‘parcial’, se dice que es un homomorfismo ‘parcial’ porque en matemáticas un homomorfismo desde un objeto a otro de la misma clase, es una función que es compatible con *toda* la estructura relevante; y en este caso no se habla de la misma clase de objetos (datos y constructos), pero sí de una preservación estructural.

²⁶ Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 26-34.

Ese tipo de aplicación estructural es constitutivo de la significatividad teórica. Ahora, si el significado de las entidades científicas se determina singularizando una interpretación, esto es, fijando para ellas un universo de discurso y una *asignación extensional*, puede entonces seleccionarse un universo de discurso en el dominio de entidades matemáticas y fijar una *asignación extensional* de forma que, dada cualquier teoría consistente, todas sus aseveraciones puedan ser satisfechas, es decir, poder construir un modelo para la teoría. Pero esto no es suficiente para determinar la significatividad empírica de la teoría, ésta viene *parcialmente* identificada con la *relación de representación*, la cual conserva la *correspondencia funcional* entre el ámbito representado y el representante. Las aseveraciones empíricas de la teoría expresan condiciones *estructurales* acerca de entidades matemáticas, y no estados de cosas singulares relativos al mundo; por tanto, si se sustituye la función de *asignación extensional* por *la relación de representación*, y, se hace corresponder al dominio de entidades matemáticas un dominio de objetos o acontecimientos, entonces *la interpretación no será una colección inestructurada de elementos, sino un dominio estructurado representado*. De este modo, la naturaleza característica de las representaciones está constituida por determinados sistemas estructurados denominados *sistemas relacionales*; así, *la relación de representación es una aplicación que preserva las estructuras de sistemas relacionales*.²⁷

Sea A^{28} un conjunto no vacío y R_1, \dots, R_n relaciones en A .

Un *sistema relacional* es el $(n+1)$ -tuplo $[A, R_1, \dots, R_n]$.

Tipo de un sistema relacional:

Sea $[A, R_1, \dots, R_n]$ un sistema relacional tal que R_1, \dots, R_n son respectivamente relaciones k_1, \dots, k_n -arias. Se denomina *tipo del sistema relacional* al n -tuplo (k_1, \dots, k_n) .

Ahora, entre dos sistemas relacionales del mismo tipo tenemos la aplicación:

Sean $A=[A, R_1, \dots, R_n]$, $B=[B, S_1, \dots, S_n]$ dos sistemas relacionales y (k_1, \dots, k_n) el tipo de ambos. Una aplicación $f:A \rightarrow B$ es un *homomorfismo* de A en B sii
para $i= 1, 2, \dots, n$,

$$[f(a_1), f(a_2), \dots, f(a_{k_i})] \in S_i \Rightarrow a_1, a_2, \dots, a_{k_i} \in R_i$$

²⁷ Si se quiere ampliar lo expuesto sobre la definición y tipos de sistemas relacionales ver: Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 108-113. Nosotros nos limitaremos a exponer la definición en la que aparece el homomorfismo, que es en la que se percibe la preservación de estructuras.

²⁸ A es el conjunto base del sistema relacional, y un sistema así es un *sistema estructurado*.

Esto es, si una sucesión de elementos de B está en alguna de las relaciones definidas en B , entonces sus correspondientes por f estarán en la relación correspondiente definida en A . Así f es un *homomorfismo si preserva todas las relaciones*. Se dice entonces que f proporciona una *representación B* del sistema A , o que A está *representado por B* . El *homomorfismo f* asegura que los hechos $f(a_1), f(a_2), \dots, f(a_{ki})$ del sistema B sirven para representar sistemáticamente los hechos a_1, a_2, \dots, a_{ki} de A , esto es, que se pueden inferir éstos de aquéllos si se cumplen determinadas condiciones; no se requiere que f esté definido en todo el conjunto A , basta con que para todos los elementos de a_i de A que tienen representantes en B , se cumpla la condición requerida en la definición arriba expuesta. De este modo, es posible establecer para cada a_i de A su correspondiente representante en la serie $[f(a_1), f(a_2), \dots, f(a_{ki})]$. Pero la aplicación f no es una relación uno a uno, sino que pueden existir distintos a_i de A a los que les corresponde el mismo representante en B .

La noción de relación de representación, en tanto que aplicación preservadora de estructuras, y la función característica que hace posible la inferencia de conclusiones relevantes para el dominio representado, obtenidas en las imágenes correspondientes del ámbito representante, pertenecen al tipo característico de razonamiento teórico llamado *razonamiento subrogatorio*. Como hemos visto éste faculta la aplicación de la(s) teoría(s) de un sistema B (dominio de constructos simbólicos, o representación numérica de A) en otro sistema A (datos de la observación), para poder utilizar el aparato teórico o conceptual de B como *instrumento de análisis de A* .

Para esclarecer la naturaleza de tal razonamiento Ibarra y Mormann presentan tres ejemplos en los que el *razonamiento subrogatorio* se hace presente: el problema de la caída de los cuerpos en Galileo, la geometría analítica cartesiana y la teoría leibniziana de la modalidad. Nos limitaremos a exponer a grandes rasgos el momento en el que el razonamiento subrogatorio se hace presente en estos tres momentos.²⁹

- *LA CAÍDA DE LOS CUERPOS*. Lo que se pretende es mostrar que el razonamiento desarrollado por Galileo para explicar la caída de los cuerpos es de naturaleza *subrogatoria*, esto es, que se realiza sobre móviles que se mueven por la acción del

²⁹ La representación teórica puede utilizar tanto relaciones cuantitativas como cualitativas, como instancias básicas para lo representado; y relaciones tanto cualitativas como cuantitativas, como medium para la representación. En los primeros dos ejemplos la estrategia subrogadora se presenta sobre una concepción cuantitativa de la representación; en el tercer ejemplo se presenta de forma cualitativa.

movimiento producido en un marco de referencia *temporal*, y no necesariamente en el *espacio*. El problema sobre la caída de los cuerpos fue objeto de estudio de los teóricos medievales del *impetus*, quienes veían en el *espacio* el marco de referencia en el que se produce el movimiento.

En un primer momento, Galileo, en *De motu*, se explicaba la caída de los graves de esta manera: un cuerpo comienza a caer con una fuerza igual a su propio peso; por tanto la velocidad que éste adquiere será consecuencia del peso. Sin embargo, un cuerpo cae más rápido al final que al principio de su caída, y su peso es el mismo en ambos instantes. Por ende, debe existir una disminución del peso de carácter accidental; esta disminución fue relacionada con la fuerza impresa sobre el cuerpo por un 'proyector'. Pero este nuevo elemento provocó aún más problemas a la explicación.

Por otro lado, en los *Discorsi*, Galileo busca un mecanismo teórico representacional adecuado para una explicación plausible sobre la caída de los cuerpos. La formulación de los *Discorsi* estuvo precedida por diversos intentos de geometrización del *impetus*, que facultaran la consideración de los fenómenos del movimiento eludiendo la consideración de sus causas –inherentes a la explicación del movimiento vía *impetus*-. Sin embargo, las dificultades de la estrategia de representación del *impetus* en un marco geométrico adecuado, conducen a Galileo a transformar su marco de representación, abandonando el medio geométrico. Finalmente, Galileo sostiene que la distancia recorrida por un cuerpo que cae libremente es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido; se da cuenta de que la relación de velocidad a velocidad es la inversa de la relación tiempo a tiempo, esto es, el aumento de velocidad implica una disminución de tiempo. De este modo Galileo transfiere al espacio lo que pertenece al tiempo. "Galileo encuentra el *espacio lógico*, por así decirlo, para la introducción del parámetro temporal:

El tiempo en el cual un espacio dado es recorrido por un móvil que parte del reposo con movimiento uniformemente acelerado, es igual al tiempo en el que aquel mismo espacio habría sido recorrido por el mismo móvil con un movimiento uniforme cuyo grado de velocidad fuese la mitad del grado de velocidad máximo alcanzado al final del movimiento uniformemente acelerado precedente (Galileo 1638, 292).³⁰

Para ampliar este aspecto citamos el cuadro expuesto por Ibarra y Mormann:

³⁰ Andoni Ibarra, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 118.

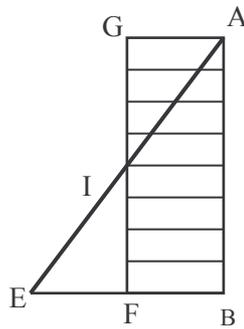


Figura 1



Fig. 2

En la figura 1 se representa la velocidad del móvil a lo largo del tiempo, en la figura 2 se representa la distancia recorrida; ambas figuras representan el tiempo en el que el móvil, en movimiento uniformemente acelerado, atraviesa un espacio. La línea AB representa el tiempo en el que el espacio CD es atravesado por el cuerpo en movimiento uniformemente acelerado a partir del reposo en C. La base EB, del triángulo AEB representa la velocidad final. El área del rectángulo ABFG representa la distancia recorrida por el cuerpo no acelerado que recorre con velocidad constante $v/2$. La prueba de la proposición, entonces se limita a la demostración elemental de que el triángulo AEB y el rectángulo ABFG tienen la misma área.³¹

Lo que hay que resaltar en este ejemplo es que las líneas no representan trayectorias o distancias en el espacio físico, sino tiempos y velocidades; las áreas son las que representan las distancias recorridas; y la trayectoria real del cuerpo en el espacio físico no tiene ningún tipo de representación

La significación física de la nueva representación geométrica propuesta reside en el hecho de que la estructura del dominio geométrico representante controla la estructura del dominio representado de los fenómenos físicos. Galileo sostiene que es natural postular que la velocidad es directamente proporcional al tiempo transcurrido; la proporción más evidente es el aumento uniforme de velocidad a lo largo de toda la caída. La naturaleza del *razonamiento subrogatorio* aparece cuando nos damos cuenta de que no es preciso encontrar una explicación causal de la caída libre, sino que es suficiente con disponer de un principio de unificación que sistematice las regularidades empíricas y nos permita hablar de los fenómenos del movimiento; el fundamento para ello es el postulado del movimiento naturalmente acelerado. Esta es la característica

³¹ *Ibid.*, p. 119.

genuina de la actividad representacional teórica: la transformación del objeto de estudio mediante la introducción de estructuras que faculten el *razonamiento subrogatorio*.

- **LA ALGEBRIZACIÓN DE LA GEOMETRÍA.** Lo interesante aquí es la nueva actitud epistemológica inducida por la estrategia algebrizadora con respecto a los objetos de la geometría, en la que las operaciones y combinaciones del análisis algebraico permiten razonar *subrogatoriamente* sobre las correlativas operaciones y combinaciones geométricas. Descartes descubre que el carácter de los problemas geométricos se reduce a un mismo género de problema, que es el de buscar el valor de las raíces de alguna ecuación. Estas raíces representan líneas, segmentos, que pueden trazarse realmente; las longitudes de los segmentos determinan las distancias de los puntos a las *líneas principales*³², y de este modo singularizan el grafo de la curva que contiene todos los puntos relevantes. Lo que hace posible la propuesta cartesiana es el *principio de homogeneidad*, es decir, el requerimiento de que todos los componentes de un problema puedan ser tratados en el mismo registro y sujetos a operaciones aritméticas genuinas, de tal modo que los resultantes pertenezcan igualmente a aquel registro. De este modo, la estrategia algebrizadora concerniente a los objetos de la geometría permite razonar *subrogatoriamente* sobre las operaciones y combinaciones geométricas, a través de las correlativas operaciones y combinaciones del análisis algebraico. Es así como Descartes incorpora esencialmente una reconceptualización de los objetos y categorías de la actividad teórico-matemática; las categorías tradicionales de la geometría no están determinadas por la teoría, sino que depende de las representaciones algebraicas de ella. El ámbito del álgebra no resulta ser ya el mero reflejo especular del de la geometría, sino un *medium* representacional para este último dominio; todas las operaciones algebraicas sistematizadas por Descartes en ese *medium* de representación, son representantes potenciales de propiedades identificables en el ámbito de la geometría. La correlación entre ambos dominios es *representacional*, y no término a término, correlacionando *estructuralmente* los objetos específicos construidos como *sistemas relacionales*. El requisito para que la métrica inducida por la composición algebraica se correlacione con el cálculo operatorio de las magnitudes geométricas, es que exista una

³² Descartes, en la *Géométrie*, pretende determinar exactamente la naturaleza de las curvas generadas por los problemas de los *loci* (conjuntos de puntos) lineales o supersólidos y, además intenta generalizar el método utilizado a un número de líneas cualquiera, sin considerar las restricciones impuestas por las dimensiones de los productos de las líneas concernidas. Su estrategia parte de la singularización de dos líneas cualesquiera del problema, una de longitud conocida y otra de longitud indeterminada, y trata de relacionar las demás líneas con esas dos *líneas principales*.

determinada correspondencia permanente y regular entre ambos dominios: *una correspondencia que preserve las estructuras*. Las estructuras algebraicas facultan la realización del *razonamiento subrogatorio* sobre los objetos geométricos, inferencias transferidas de las propiedades de los sistemas de ecuaciones a las figuras de la geometría.³³ Para aclarar esto citamos un ejemplo:

Descartes muestra entonces como pueden resolverse los problemas...Se hace una figura y se marcan las magnitudes dadas y requeridas con letras. A continuación, se establecen relaciones algebraicas entre esas magnitudes, en el curso de las cuales resultan útiles el teorema de Pitágoras, los teoremas sobre triángulos semejantes, etc. Se combinan estas relaciones en forma de una ecuación para la incógnita y se resuelve la ecuación. Esta solución algebraica puede interpretarse inmediatamente como una regla de construcción para el problema geométrico original, porque la suma, diferencia, producto y cociente de dos longitudes, así como la raíz cuadrada de una determinada longitud, se pueden construir con regla y compás.³⁴

Siguiendo lo dicho anteriormente, la propuesta cartesiana puede caracterizarse bajo el formato representacional:

$$r: G \rightarrow A$$

Donde G y A son dos sistemas relacionales, con conjuntos base geométrico y algebraico respectivamente; y r una aplicación preservadora de estructuras. Con esto vemos que el *razonamiento subrogatorio* caracteriza a las teorías científicas como *aplicaciones preservadoras de estructuras*.

- **MODALIDAD Y COMPOSIBILIDAD.** Partiendo de la *characteristica universalis* de Leibniz se desprende la naturaleza semiótica de la característica, ya que los caracteres son signo de algo, el razonamiento es simbólico. Se pueden combinar los signos no de manera arbitraria, sino que las reglas del cálculo han de corresponder *estructuralmente* a las relaciones del dominio de objetos representado; esta es la condición para que los signos expresen objetos. Una idea expresa un objeto en virtud de que existe una correlación *estructural* de tipo legal entre la idea y el objeto. De esta manera podemos obtener un conocimiento seguro a partir de relaciones matemáticas establecidas en el

³³ Ello no equivale a sostener una imagen reductiva de la actividad representacional, sino que, en cuanto que en toda teorización representacional se reconstruye el propio dominio de la representación de los objetos, equivale a una reconstrucción conceptual.

³⁴ Breger H., *Tacit Knowledge in Mathematical Theory*, en J. Echeverría et al. (eds.), 1992, p. 84.

cálculo y correlacionadas con propiedades abstractas de los objetos a representar. La expresión expresa una regularidad estructural no entre objetos, sino entre lo que puede decirse de esos objetos, esto es, entre *representaciones*. Los objetos no están, por lo tanto, dados previamente, sino que se dan en el momento de la *representación* como invariantes de las *representaciones*. Ahora, Leibniz nos dice en su *teoría de los mundos posibles* que un mundo posible está conformado por una determinada combinación de nociones o conceptos individuales completos; además cada individuo que pertenece a un mundo posible refleja *–representa–*³⁵ de manera unívoca todos los individuos que pertenecen a ese mundo. El principio de reflejo puede interpretarse como un principio estructural de explicitación de las estructuras modales, dichas estructuras se fundamentan en la noción de composibilidad, es decir, la posibilidad de consistir conjuntamente. *Composibilidad y representación* se hallan correlacionadas de este modo: una idea refleja todas las ideas que son composibles con esa idea. Entonces esa relación de composibilidad particiona la colección de todos los conceptos completos en clases de equivalencia, mutuamente excluyentes, de conceptos; cada mundo posible está asociado a una de esas clases de equivalencia de manera estructural. De este modo, podemos hacer corresponder a cada individuo j el mundo posible \mathcal{F} que representa, mediante la aplicación

$$r_j: \mathcal{F} \rightarrow j$$

Esta aplicación faculta la *representación estructural* de los elementos de \mathcal{F} , de forma tal que dos elementos distintos de \mathcal{F} serán correlacionados con dos imágenes distintas en j . Ahora, para mostrar de una manera más precisa la realización del *razonamiento subrogatorio* presentamos el siguiente formato:

Dada una clase W de mundos combinatorios, a cada mundo \mathcal{F} se asocia una representación estructural $m(\mathcal{F})$, de forma que a las relaciones genuinamente modales, como las de accesibilidad o semejanza de mundos, correspondan ahora relaciones estructurales construidas en el ámbito de la representación estructural. Es decir, se parte de una clase W de mundos posibles y se construye entonces una aplicación f que correlaciona modelos estructurales apropiados $m(\mathcal{F})$, modelizados por procedimientos

³⁵ Esto no quiere decir que tomemos el concepto de *representación* como el concepto de *reflejo*, sino que la representación que aquí tratamos es la propuesta por Leibniz, la cual la exponemos en las líneas anteriores.

lógico-matemáticos, con los componentes de \mathcal{F} de W . Entonces se tiene el formato de representación:

$$f: W \rightarrow M_W$$

Y es este formato el que nos permite razonar subrogatoriamente.

De este modo vemos como en estos ejemplos históricos, las teorías presentan una característica común, *la preservación de estructuras* a través del *razonamiento subrogatorio*. Recordemos que sólo mediante la conceptualización del conocimiento según el mecanismo de sustitución representacional fundamentado en la semejanza estructural, puede reflejarse la esencia de la cosa, esto es que la *relación de representación* se da de manera adecuada. Con esto concluimos la exposición de la característica de *razonamiento subrogatorio* que presenta en su construcción la *representación*. Ahora pasaremos a analizar otro de los elementos característicos del *enfoque representacional* de Ibarra y Mormann, este es: el criterio de *significatividad empírica* para las representaciones científicas. Como veremos una representación es *significativa* sólo si se realiza el *razonamiento subrogatorio*.

4) LA REPRESENTACIÓN SIGNIFICATIVA

El problema fundamental de una teoría representacional de la ciencia es el de fijar adecuadamente las condiciones que determinan la *objetividad* de las representaciones, esto es, el problema de determinar un criterio adecuado de su *significatividad empírica*³⁶. Las representaciones científicas construidas no sólo han de ser posibles, sino que han de representar *realmente, objetivamente*, el sistema representado, es decir, *las representaciones tienen que ser empíricamente significativas*. La cuestión de *significatividad empírica* no requiere de la distinción entre nivel teórico y observacional, sino que la *representación empíricamente significativa*, es aquella que captura el contenido empírico del dominio representado en términos de *preservación estructural*. Así la *significatividad empírica* queda vinculada al estudio de las *prácticas* de determinación de *espacios de representación* potencial para *estructuras*

³⁶ En los enfoques representacionales analizados anteriormente, la *significatividad empírica* de las entidades teóricas se reduce a la correspondencia de éstas con una base dada (ya sea observacional o no). En la teoría representacional de Andoni, las condiciones requeridas para la significatividad empírica de los constructos teóricos, no exigen la vinculación reductiva a ninguna base, sino que son relativas al proceso de construcción de estructuras de representación cada vez más robustas.

representantes, y de las restricciones que éstas imponen a ámbitos potencialmente representables.

De lo que se trata es de averiguar que tipo de estructura de teorización faculta el *razonamiento subrogatorio*. Ibarra y Mormann introducen como estructura de teorización que permite *parcialmente* la realización del *razonamiento subrogatorio* la teoría *representacional de la medida* de Suppes. Según ellos, esta perspectiva *representacional* hace posible una caracterización más plausible de la *significatividad empírica*, de los constructos teóricos, esto es, de las representaciones. Este aspecto lo trataremos en el primer apartado del presente capítulo.

Por otro lado, queda el problema de describir lo que entenderá por *contenido empírico* de una teoría. Es decir, la manera en cómo una teoría puede ser la *representación adecuada* del dominio representado. Hasta ahora hemos visto que en el *enfoque estándar del positivismo lógico* el nivel de lo representado se reduce a lo 'dado'; en el *enfoque semanticista de van Fraassen*, el dominio de lo representado recae en las 'subestructuras empíricas'; y por último, en el *enfoque contextualista de Margenau*, dicho dominio recae en los 'datos'. Ahora, de lo que se trata es de determinar lo que Ibarra y Mormann entienden por *dominio representado* (para ello se remiten a la constitución conceptual de la realidad científica de Cassirer³⁷) y a partir de esto, saber lo que quiere decir que una teoría, o un dominio representante, sea *empíricamente significativo*. Este asunto lo expondremos en la segunda sección de este apartado.

4.1) **LA SIGNIFICATIVIDAD REPRESENTACIONAL**

Como vimos a lo largo del capítulo anterior, se puede caracterizar de modo esquemático una *teoría empírica* como una *representación* de una estructura relacional D por otra estructura relacional C , del modo:

$$f: D \rightarrow C$$

En este formato puede tomarse a D como el dominio de datos y a C como el dominio de constructos simbólicos.³⁸ El prototipo de este formato estructural propuesto para las teorías científicas, es la *teoría representacional de la medida* de Suppes y compañía³⁹, la cual es la

³⁷ Para ahondar más sobre el asunto de 'realidad científica' ver: Falguera José L., «Sobre la base empírica del conocimiento científico», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003.

³⁸ Sin embargo, debido a que la naturaleza de las representaciones es combinatoria y compleja, preferimos tomar a D como el dominio de lo representado, a C como el dominio de lo representante y a f como una aplicación representacional que preserva, parcialmente, la estructura de D y C . Más adelante trataremos sobre este asunto de la combinabilidad y complejidad de las representaciones.

³⁹ La cual nos dice: medir es asignar números a los objetos o acontecimientos según una regla; la cual está determinada en cada caso por las operaciones básicas necesarias para crear el tipo de *escala* correspondiente y

síntesis de dos corrientes anteriores: la de Helmholtz-Hölder y Stevens. Helmholtz, por su parte hace una *teoría representacional* de la medición de las cualidades empíricas, tales como: peso, longitud, masa, etc.; la idea fundamental es concebir la mensurabilidad de las magnitudes como posibilidad de definir un *homomorfismo* entre un dominio empírico y un dominio matemático, cuyos elementos funcionan como signos de los objetos empíricos representados. Según Thomas Mormann el enfoque ‘moderno’ (de Suppes y compañía) de la *teoría representacional de la medida* es el que mejor explica esta *relación representacional* de homomorfismo, ya que la medición es imprescindible para la ciencia.⁴⁰

La cuestión es ver la manera en que un cuerpo abstracto de una teoría matemática puede aplicarse a determinados objetos concretos del mundo. Una posible respuesta sería que la teoría contiene algunas de las mismas características estructurales que los fenómenos, o que ciertos aspectos del mundo tienen la misma estructura que algún sistema matemático, y no que ambos sistemas tienen la misma estructura. De lo que se trata es de determinar las condiciones que debe satisfacer un *sistema relacional empírico* D , para que pueda ser *representado* por un *sistema relacional numérico* C , en otras palabras, que exista un *homomorfismo* entre ambos que permita considerar a C como una representación de D . En las situaciones normales no existe un único *homomorfismo* (D, f, C) , sino toda una familia de *homomorfismos*; todos los miembros de esa familia son equivalentes, por tanto no se prefiere un miembro sobre los demás. Esta idea es fundamental para entender la noción de *escala*, la cual es esencial en la *teoría representacional de la medida*:

Escala: Sea D un sistema relacional empírico $[D, \approx, <, \oplus]$, C un sistema relacional numérico $[C, =, <]$ y f un *homomorfismo* de D en C . Una *escala de medida* es la terna (D, f, C) .

Para entender esto se nos pone el ejemplo:

Supongamos que D es un *sistema relacional empírico* $[D, \approx, <, \oplus]$, y C un *sistema relacional numérico* $[C, =, <, +]$. Ahora, el conjunto base C coincide con el conjunto \mathbb{R} de los números reales. Pues bien, la escala establece una correspondencia entre las relaciones de los dos sistemas relacionales D y C . De este modo, la propiedad

por las transformaciones que dejan invariante la forma de la *escala*... Se puede considerar la medida como la construcción de *homomorfismos* (escalas) de estructuras relacionales empíricas en estructuras relacionales numéricas. Para ampliar este asunto ver: Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p.150-152.

⁴⁰ Thomas Mormann, «El concepto de representación en la tradición neokantiana: de Helmholtz a Cassirer», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p. 75.

cuantitativa *ser menor que* $<$, se correlaciona con la relación numérica $<$; la propiedad de *ser similar* \approx , con la relación de igualdad $=$; la operación empírica de concatenación \oplus , con la operación matemática de la adición $+$.⁴¹

El tipo de una *escala* (D, f, C) se caracteriza mediante el tipo de la *familia de escalas equivalentes*; el tipo de la familia queda fijado por el modo como los miembros de la familia se relacionan entre sí. En la actual *teoría representacional de la medida*, la caracterización de los diversos tipos de escalas se realiza según sus respectivos *grupos de transformaciones*; si se quiere construir una *escala*, esto es, una representación, $f: D \rightarrow C$, primero se debe especificar cuál es el grupo $G(D, C)$ que desempeña la función de *grupo de transformaciones*. Según esto, la *invariancia* de la representación bajo la acción de este *grupo de transformaciones* es la condición necesaria y suficiente para determinar la *significatividad*. Sin embargo, esta formulación acerca de la *significatividad* no está bien fundamentada, ya que no se explica por qué se asocian siempre determinados grupos de transformaciones a determinados tipos de escalas, o qué es lo que determina que un grupo concreto se asocie con un tipo de escalas. El reducir la *significatividad empírica* a la invariancia en el grupo de transformaciones es una de las limitaciones que presenta la *teoría representacional de la medida*.

Otra propuesta de *significatividad empírica* que encontramos en el criterio general estándar de la *teoría representacional de la medida*, es aquella que nos dice que: una proposición es *empíricamente significativa*, si puede establecerse su valor de verdad, realizando las relaciones y operaciones empíricas que instancian las identificadas en la estructura empírica correspondiente.

Ejemplo, la proposición:

‘La altura de Kohl es al menos el doble que la de Aznar’

Se puede medir la altura, que es una magnitud empírica, por medio de una escala de razón. Su verificación puede seguir el procedimiento: Aznar se tumba en posición horizontal con su cabeza tocando la pared y sus piernas en dirección al centro de la habitación; marcamos una raya en el extremo alcanzado por sus pies y, a continuación, vuelve a tumbarse de modo tal que su cabeza coincida ahora con la marca trazada, marcamos nuevamente el extremo alcanzado por sus pies. Por su parte, Kohl se tumba en la misma posición y de manera que su cabeza coincida con la pared en el mismo lugar que lo hacía anteriormente Aznar. Si sus pies alcanzan o sobrepasan la segunda de las marcas realizadas, decimos que la *proposición es verdadera*; en caso contrario es falsa.⁴²

⁴¹ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 152.

⁴² *Ibid.*, p. 165.

Según los teóricos representacionistas de la medida esta proposición es *significativa* porque podemos operar todo el proceso con *correlatos empíricos* de las relaciones y operaciones numéricas. Sin embargo, cuando tratamos de hacer lo mismo con la proposición:

‘El interés de Berlín es el doble que el de París’

En este caso, el interés de una ciudad, que es la propiedad en cuestión, no puede ser medida mediante una escala de razón, porque no podemos realizar empíricamente la operación de concatenación, y por tanto, no se puede verificar *empíricamente* la proposición. Ahora, los teóricos representacionistas de la medida dirán que la proposición no es *significativa* porque carece de *correlato empírico*. Como podemos ver la *significatividad empírica* no puede basarse tampoco en este aspecto.

De este modo, Ibarra y Mormann nos dicen que la *teoría representacionista de la medida es operacionalista*, ya que caracteriza la medida como una *representación numérica* de determinados dominios empíricos, a partir de la replicabilidad de las operaciones identificadas en ellos. Por tanto, la *teoría representacional de la medida* no es suficiente para determinar la *objetividad de la representación*.

Según Ibarra y Mormann, dicha teoría vela un aspecto esencial de la medida, en cuanto representación, a saber: el carácter *subrogatorio* de la representación, el cual ya hemos analizado anteriormente. Esto trae como consecuencia que se dificulte la justificación de la *unicidad* como ingrediente esencial de la *significatividad empírica*. Primero analizaremos en lo que consiste el *teorema de unicidad* propuesto, y después veremos la manera en cómo el *razonamiento subrogatorio* es realizable.

Un *teorema de unicidad* para una familia de escalas equivalentes consiste en describir cómo se relacionan entre sí los miembros de la familia de escalas. Ejemplo:

Todos los miembros de la familia de escalas se obtienen según lo siguiente:

Se toma un miembro cualquiera de la familia, por ejemplo, (D, f_0, C) . Se asume que $G=(G(D,C))$ es una clase de transformaciones automórficas⁴³ $g: C \rightarrow C$, con $g \in G$. Pues bien, se puede obtener cualquier otra escala (D, f_1, C) por $f_1=g \circ f_0$, para un $g \in G$. Como se ha admitido que G es un grupo de automorfismos se observa que el punto de partida f_0 es arbitrario, ya que g es un automorfismo tiene un inverso de g^{-1} . La clase G de transformaciones automórficas es el denominado *grupo de*

⁴³ Los *automorfismos* de una estructura son los *isomorfismos* de tal estructura consigo misma. Por ejemplo, los *automorfismos* del plano euclídeo son las semejanzas, los de un conjunto finito con "n" elementos son las permutaciones de esos elementos, los de un espacio afín son las afinidades, los de un espacio métrico son sus isometrías, etc.

transformaciones admisibles, para la familia de escalas en cuestión. De este modo, probar un *teorema de unicidad* para una escala (D, f, C) significa justamente determinar su grupo G de *transformaciones admisibles*. Como todas las escalas de la familia se sitúan en el mismo nivel, el *teorema de unicidad* nos permite conocer qué propiedades numéricas representan algo *objetivo* en los fenómenos, y cuáles no.⁴⁴

Así el grupo de invariancia $G(D,C)$ asociado a un tipo de escalas es el grupo de automorfismos $I(C,C)$ del sistema numérico C , esto es, todos los *isomorfismos* g de C en sí mismo. Por tanto, la condición necesaria y suficiente para la determinación de la significatividad requiere que si f y f' son homomorfismos⁴⁵ de D en C , exista entonces una simetría g de C tal que $f'=f \circ g$. De este modo, el *teorema de unicidad* puede formularse de la siguiente forma:

Para cualesquiera f y f' en $F(D,C)$ ⁴⁶, existe un g en
 $I(C,C)$ tal que $f'=f \circ g$.

Sin embargo, como vimos anteriormente, el *teorema de unicidad*, al menos la parte en la que la *significatividad* de la representación depende de la invariancia en el *grupo de transformaciones*, no es suficiente para determinar la *significatividad empírica*, pero sí es un componente para que ésta se lleve a cabo, ya que el *teorema de unicidad* asegura que la asignación numérica realizada por una escala no es arbitraria, sino que es *significativa*. De esta manera vemos cómo la *significatividad empírica* requiere probar no sólo la presencia de representaciones adecuadas de un sistema representado, sino que además esas representaciones procuran imágenes cuyas no dependientes esencialmente del médium de la representación. El aspecto velado por la *teoría representacional de la medida* es: que la representación de un sistema cualitativo D faculta en general la utilización de métodos matemáticos estándar definidos en el sistema cuantitativo C , para obtener conclusiones acerca de D . Este aspecto *subrogatorio* de la representación requiere que la singularización del sistema C se identifique con un sistema para el que se ha desarrollado ya una teoría(s) matemática(s) apropiada(s). El problema representacional es determinar cuál es el carácter distintivo de la representación teórica, esto es la aplicación de la teoría del sistema representante al sistema representado. El objetivo de la representación en el sistema elegido C no es entonces meramente recoger los hechos atómicos del sistema D , sino utilizar más bien la teoría del sistema C como un instrumento de análisis del sistema D . De este modo se lleva a cabo el *razonamiento subrogatorio*, ya que, como hemos visto, éste faculta la aplicación de la(s) teoría(s) de un sistema C (dominio de constructos simbólicos, o representación numérica de D)

⁴⁴ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Op. cit.*, p. 156. Recordemos que tomamos a D como un sistema relacional empírico, a C como un sistema relacional numérico, y a f como una aplicación representacional que preserva, parcialmente, la estructura de D y C .

⁴⁵ Homomorfismo quiere decir que de toda la estructura es compatible. Sirve para definir las relaciones de equivalencia.

⁴⁶ $F(D,C)$ se toma como la clase de todos los homomorfismos de D en C .

en otro sistema D (datos de la observación), para poder utilizar el aparato teórico o conceptual de C como *instrumento de análisis de D* . Y es precisamente esta *función subrogatoria* la que procura la justificación para vincular el *teorema de unicidad* con la significatividad de la representación numérica; dicha función es lo que se requiere para que las representaciones de D en C sean significativas.

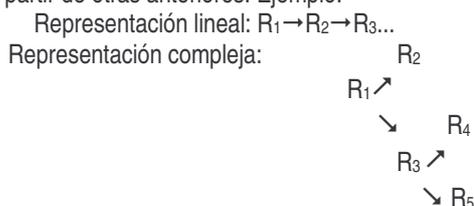
Ahora pasaremos a analizar el *criterio general de la significatividad*.

4.1.1) CRITERIO GENERAL DE LA SIGNIFICATIVIDAD

Hasta aquí hemos tomado a D como un sistema relacional empírico y a C como un sistema relacional numérico, en adelante tomaremos a D como el dominio de lo representado y a C como el dominio de lo representante; f sigue siendo una aplicación representacional que preserva parcialmente la estructura de D y C .⁴⁷ Ibarra y Mormann exponen el criterio general de significatividad en los términos proposicionales introducidos por R.E. Robinson.

Se puede expresar la idea de la aplicación de la teoría del sistema representante C en el sistema representado D , como la adscripción mediante la teoría de C de alguna propiedad a la imagen $f(D)$ del sistema representado D bajo la aplicación f ; a esta adscripción se le denomina *proposición imagen* acerca del sistema representado D en el sistema representante C por la aplicación representacional f . La *proposición imagen* no puede ser cualquier proposición representacional que contenga elementos del sistema representado D , ya que sólo se pueden expresar propiedades de D que estén en la imagen $f(D)$. Dichas propiedades se expresan singularizando un tipo específico de proposición entre las proposiciones representacionales; es decir, si una proposición de C es una función s_c de las secuencias de C en $\{0,1\}$, y j una enumeración de los elementos de D , una *proposición imagen* DC , acerca de D , será una

⁴⁷ Hacemos esto debido al carácter combinatorio y complejo de la representación. Las representaciones no son elementos aislados, sino que éstas se producen siempre en grupos, o como Andoni Ibarra dice, en sistemas de representaciones. Muchas veces las representaciones son representaciones de otras representaciones, y no representaciones directas del sistema relacional empírico. Este es el carácter combinatorio de la representación. Las representaciones pueden iterarse de diversas maneras, de manera lineal, o de manera más compleja, esto es construir nuevas representaciones a partir de otras anteriores. Ejemplo:



Así vemos que el carácter de las representaciones es combinatorio y complejo. No vamos a Profundizar más en este aspecto debido a que nuestro interés es otro, solo mencionamos esto para justificar el que cambiemos los significados de D y C . Para ampliar sobre este respecto ver: Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 17-33.

proposición de la forma $s_c(f^o)$ ⁴⁸. Ahora, una *proposición imagen DC* es una proposición representacional, cuya adecuación depende de la secuencia j de elementos de D y la aplicación f , pero se diferencia de las proposiciones representacionales en general, ya que la proposición imagen DC sólo expresa propiedades de D que emergen en la imagen $f(D)$. Por tanto, el objeto de una representación es expresar proposiciones sobre el sistema representado D bajo la forma de proposiciones imagen DC , de la forma $s_c(f^o j)$, mediante proposiciones- C , s_c , definibles en la teoría del sistema C . Una *proposición imagen estructural* es una proposición imagen $s_c(f^o j)$ para la que s_c es definible en el sentido estructural, es decir, *si es definible si y sólo si es invariante bajo todos los automorfismos de C* . Toda s_c de la teoría de C es plausible de ser aplicado al sistema D , a través de su ocurrencia en la *proposición imagen* correspondiente; así la clase de las representaciones admisibles coincide con la clase de las proposiciones imagen estructurales. Debido a que el análisis de la significatividad en las teorías representacionistas determina que una proposición representacional es aceptable sólo si es significativa, se requiere estipular una condición adicional que capture las dos líneas de intuición subyacente al planteamiento representacional general: la versión estándar inherente a la *teoría representacional de la medida*, específicamente lo que respecta al *teorema de unicidad*, y al enfoque de la representación como aplicación de la teoría representante al sistema representado, es decir, a la realización del *razonamiento subrogatorio*. Por tanto, se introduce la siguiente condición de consistencia:

- Toda *proposición imagen estructural* es significativa.

Dicha condición equivale al *teorema de unicidad* anteriormente expuesto. De este modo, queda justificado el requisito de unicidad exigido en las representaciones estándar de la *teoría representacional de la medida*.

Hasta aquí sólo hemos visto la manera en cómo se da una relación de representación adecuada entre el dominio representado D y el dominio representante C . Por adecuada entendemos que hay una preservación de estructuras, por la aplicación representacional f , entre los objetos representados de D y los constructos simbólicos de C ; además de que, como ya vimos, la proposición f es significativa. En otras palabras, hemos visto la forma de construir *representaciones* significativas. Pero lo que no hemos analizado aún es en qué consiste la *objetividad* que se le exige a las representaciones. Con esto no queremos decir que nos adentraremos al eterno problema de la escisión Sujeto-Objeto, sino que simplemente expondremos lo que en el sistema de Ibarra-Mormann se considera como *lo objetivo*. No

⁴⁸ La concatenación $(f^o j)$ enumera la imagen de D bajo f .

podemos seguir con la exposición de este sistema si no tratamos este aspecto primero, ya que éste será el que determine el carácter empírico de una teoría.

4.2) LA CONSTRUCCIÓN CONCEPTUAL DE LA REALIDAD CIENTÍFICA

Lo importante de este apartado es que aquí, además de completar el asunto de la *significatividad representacional*, se empieza a desvelar una de las últimas características que tendrán las representaciones dentro del *enfoque pragmático representacional* de Ibarra y Mormann, esta es la *intencionalidad de la representación*; dicha característica es esencial para que el enfoque pueda sumergirse de lleno en la práctica científica.

Según Pérez Ransanz, Ibarra y Mormann comparten con la perspectiva filosófica *internalista*, en otras palabras, su enfoque representacional es *internalista*. En esta perspectiva, la noción de *objeto* se concibe como *objeto conceptualmente constituido*, esto es, que el *objeto* es visto como ‘producto de un proceso de constitución conceptual’; este proceso se lleva a cabo desde el nivel mismo de la percepción sensorial. El concebir los *objetos* de esta manera hace que la idea de representación como ‘reflejo especular’ sea rechazada, ya que el dominio representado no se evoca a lo ‘inmediatamente dado’, sino que dicho dominio *D* supone un nivel de conceptualización; “el que un sistema conceptual pertenezca al ámbito representado o al ámbito representante depende del concepto de teorización, se podría decir que la *relación de representación* es una relación entre representaciones de distinto nivel de teoriedad”⁴⁹. Esta característica de la representación ya la hemos expuesto anteriormente, en la cita que discute el carácter combinatorio y complejo de las representaciones.

La construcción de la *objetividad* conceptual, del enfoque representacional de Ibarra-Mormann, está basada en el *programa de construcción conceptual de la realidad científica* de Ernst Cassirer. Dicho programa trata de explicitar la constitución de los *objetos científicos* y de la *realidad científica* en el conocimiento de la *ciencia experiencial*, ya que una teoría de la *ciencia experiencial* apunta a una *realidad empírica* distinta a la realidad del dominio puramente conceptual, esto es, que la *teoría experiencial* opera con una realidad que no puede limitarse totalmente en la estructura conceptual de la teoría. La determinación de la relación básica que fija el carácter empírico de una teoría puede caracterizarse mediante el examen de la relación

⁴⁹ Pérez Ransanz A. R., «La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico», *Variaciones de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p.116.

entre los *conceptos* y los *objetos*, enfatizando la *intencionalidad*⁵⁰ subyacente al conocimiento científico. En lo que sigue no hay que perder de vista que el *programa* trata la constitución de los conceptos-objetos desde el marco de la ciencia, y no en el marco de la producción del conocimiento en general.

La relación que se da entre el *dominio objetual* y el *dominio conceptual* puede verse de dos modos: el primero, que no será tratado aquí, en donde el *objeto* es algo que preexiste al saber, esto es, que el *objeto* es visto como algo externo e independiente; en esta perspectiva la tarea del proceso cognoscitivo de la ciencia es describir los *objetos* de manera que, al menos, puedan caracterizarse los diversos *objetos* de forma distinta. El segundo modo es el que pertenece a la perspectiva *internalista* la cual exponemos a continuación.

Cassirer sostiene una idea del *objeto*, que concibe a éste mediante una *teoría del objeto conceptualmente constituido*. El objeto contiene al saber como producto de un proceso de constitución; por tanto, el objeto no es algo externo a la teoría, sino que se constituye conceptualmente a través de un *proceso teórico interno*. A la relación que hay entre el *objeto* y el conocimiento (conceptual) se le va a denominar *concepción interna*, según la cual el *objeto* es el punto de partida con el que comienza el conocimiento; esto es, los *objetos* no se encuentran más allá de la teoría, sino que se constituyen mediante ésta, mediante leyes conceptuales; sin el *contexto conceptual* no sería posible el *contexto objetual*. Según Cassirer, los *conceptos* tienen prioridad epistémica sobre los *objetos*, ya que éstos sólo pueden llegar a ser determinados por aquéllos. Los *objetos* se constituyen a través de los sistemas conceptuales relacionales en los que se presentan, y dicha constitución es aporética en el dominio de la matemática. En lugar de concebir, como otros neokantianos, el *objeto* de la ciencia experiencial como una tarea sin fin, Cassirer traslada la infinitud del *objeto* a la infinitud del *proceso cognoscitivo*; ahora, este proceso se conforma como una sucesión infinita de sistemas conceptuales correlativos, sin que exista un punto final pretendido para la sucesión. Esta *concepción interna* del *objeto* científico permite una concepción del desarrollo científico no apoyada en la idea de aproximación a una realidad existente, algo así como 'lo dado'; pero, además permite un *enfoque abierto del significado de los conceptos científicos*. El significado de un concepto no está totalmente determinado por una teoría científica singular, sino que está asociado a su encaje en una sucesión de sistemas presentes en la historia de la ciencia. Según Cassirer se puede demostrar el concepto de *realidad científica*, a partir de la continuidad de la *experiencia científica* desarrollada en la historia: "la realidad única sólo puede ser presentada y definida como un límite

⁵⁰ Este asunto de la *intencionalidad* de la representación lo trataremos más adelante, precisamente en el último apartado del presente capítulo.

ideal de las múltiples teorías cambiantes, y la estipulación misma de este límite no es arbitraria sino necesaria, ya que sólo a través de éste puede producirse la continuidad de la experiencia”.⁵¹ La caracterización funcional de la formación de los conceptos científicos se establece en el desarrollo regular de una serie, la cual no se determina por características comunes de sus elementos experienciales, sino mediante ciertas *invariantes*: las experiencias *típicas* (generales, constantes) tienen un valor más elevado, de esta manera el objetivo de todo el conocimiento empírico consiste en la obtención de *invariantes* que determinen los factores necesarios y constitutivos de todo juicio experiencial. Esto es, que se hará la distinción de *experiencia* según su *valor invariante*; podemos comparar este aspecto con lo que decíamos anteriormente sobre el *teorema de unicidad*, en donde la significatividad empírica de las representaciones se da mediante la invariancia en el grupo de transformaciones. La motivación fundamental de una concepción de la realidad funcionalmente entendida es contribuir a establecer la diferenciación lógica de los contenidos de la experiencia, y su clasificación en un sistema ordenado y coherente de invariantes y relaciones funcionales. De esta labor resulta una concepción *gradual* de la *objetividad científica*. Una experiencia es más objetiva que otra si es más estable o constante que ésta, la permanencia frente a la variabilidad en la transformación de un sistema relacional a otro aparece, entonces, como lo *objetivo*. De esta manera, Cassirer reemplaza la contraposición absoluta entre *sujeto* y *objeto*, entre *el que hace la representación* y *lo representado*, por una continuidad de *grados de objetividad*, posibilitando así la superación de la contraposición entre los *objetos representados* y el mundo de las *representaciones*. “Las representaciones son las distintas expresiones parciales de una y la misma experiencia. Se analiza lo que cada experiencia parcial significa para el sistema global, y dicho significado es lo que la medida de la objetividad determina por él. Se trata de ver el valor de la experiencia, es decir, el rendimiento que le corresponde en tanto que elemento de edificación en la construcción del todo.”⁵² El *enfoque interno* de la representación de Cassirer es el resultado de una autoaplicación de la teoría funcional del concepto científico, según la cual, un *objeto* es un objeto científico si y sólo si es un elemento de una secuencia legalmente regulada de experiencias, y análogamente, los *sistemas conceptuales* científico-experienciales si y sólo si son elementos de una secuencia (ilimitada). Esta formulación de la idea de *objeto* es necesaria para poder crear una correlación exacta y precisa entre *objeto* y *concepto*, entre el *dominio representado* y el *dominio*

⁵¹ Cassirer E., *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Über die Grundlagen der Erkenntniskritik*, Darmstadt Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1980, p. 427.

⁵² *Ibid.*, p. 267.

representante.⁵³ Es así como vemos que la *objetividad* no es un concepto estático, sino que la realidad (o la realidad científica) no está ahí simplemente, sino que se constituye en una sucesión de sistemas conceptuales relacionales progresivamente más complejos y coherentes. “Cada fase de experiencia tiene un *carácter representacional* en cuanto que remite a nuevos contextos teóricos aún no explícitos. El saber científico ‘parcial’ disponible es un *representante* provisional del todo (*representación interna*). Para la *representación interna* el *dominio representante* y el *dominio representado* son del mismo tipo; *el carácter representacional del conocimiento científico es capturado por una secuencia ilimitada de representaciones*. Por lo tanto, la *objetividad* no es un atributo contingente del conocimiento, sino su condición constitutiva.”⁵⁴

Por tanto, la realidad puede definirse como la frontera ideal de las teorías que van sucediéndose y se identifica con el resultado de la continuidad de la experiencia; así, la científicidad de un sistema conceptual se infiere de su inmersión en una secuencia de sistemas. Para Cassirer, la *representación* no es ninguna relación de reflejo entre dos esferas distintas del ser, sino que es de *naturaleza interna* en cuanto que, en una determinada fase, el saber científico parcial disponible es un representante provisional del todo. En el proceso ilimitado de seriación de los sistemas conceptuales se refleja el carácter de secuencia, es decir, legal, de los conceptos mismos. Cassirer propugna un *pragmatismo teórico*, que identifica la tarea de las hipótesis científicas en el cumplimiento del postulado universal de la unificación continua del saber científico. Los sistemas conceptuales científicos son instrumentos que se introducen para la realización de esa tarea general. De este modo, la concepción representacional del conocimiento desarrollada por Cassirer contribuye a desvelar la naturaleza esencialmente *intencional* del progreso del conocimiento científico.

⁵³ “De esta manera, no el *objeto* considerado como algo en sí, sino el ‘*significado objetivo*’ es lo que constituye en lo que sigue el problema central; no se pregunta ya por la estructura del *objeto* considerado como una ‘cosa en sí’, sino por la ‘posibilidad de referencia a un objeto’. Esta relación se entabla sólo en virtud de que el conocimiento no se detiene en el fenómeno singular, tal y como éste se da en un aquí y ahora, sino que lo inserta en el *contexto de la experiencia*. Y es el *concepto* el que trabaja constantemente en ese tejido trazando las mil conexiones en que descansa la posibilidad de la experiencia. Primero se dedica a superar la discreción de los datos empíricos aislados, uniéndolos en un continuum, el continuum del espacio y del tiempo. No obstante, esto sólo le resulta posible creando reglas de correlación fijas y universalmente válidas entre ellos... El *concepto* se relaciona con el *objeto* en la medida en que constituye el supuesto necesario e imprescindible de la *objetivación* misma, ya que el *concepto* representa la única función para la cual puede haber *objetos*, unidades constantes básicas en el flujo de la experiencia... Dicha relación, entre *objeto* y *concepto*, es una relación simbólica.” Cassirer Ernst, *Filosofía de las formas simbólicas III*, Fondo de Cultura Económica, México 1976, p. 370-371.

⁵⁴ Thomas Mormann, «El concepto de representación en la tradición neokantiana: de Helmholtz a Cassirer», *Variaciones de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000, p. 78-79.

5) LA DIMENSIÓN PRAGMÁTICA DE LA REPRESENTACIÓN

Lo expuesto hasta aquí sólo ha ofrecido una imagen de las teorías empíricas determinada por la práctica de construcción de representaciones aplicadas *intencionalmente* a las estructuras de datos representadas. Lo que ahora se hará es prestar mayor atención a los procesos de producción de los objetos genuinos de la actividad científica, los constructos simbólicos, y sus formas efectivas de uso; esto hará posible la singularización de un *componente intencional* en la significación de esos productos teóricos, que atiende por lo menos tres aspectos de la actividad científica:

- La construcción de la objetividad conceptual se realiza mediante la fijación de un espacio de representación que permite preguntar si, y en qué condiciones es posible aplicar una estructura teórica a un determinado dominio empírico; el análisis de ese espacio revela las propiedades estructurales del dominio representado posible.
- Carácter estratificado no-reductivo de la representación: el excedente teórico de la estructura representante es una condición esencial de la naturaleza misma de la representación de un sistema en otro.
- La representación teórica no ha de entenderse como la interpretación de un sistema en términos teóricos, sino como la aplicación de la teoría del sistema representante al representado, en el marco de un entorno más amplio que interpreta esa aplicación.

Como hemos visto, una característica esencial que el *enfoque pragmático representacional de la ciencia* de Ibarra-Mormann introduce en el análisis del carácter representacional del conocimiento científico, es aquella que tiene que ver con el análisis de las prácticas de las comunidades científicas. Los dos aspectos complementarios de reducción e inducción de complejidad remiten a un rasgo fundamental del concepto de representación: su componente *pragmática intencional*, es decir, el hecho de que la representación es siempre representación para un sujeto. El mecanismo complejo de la representación, reducción e inducción de complejidad, necesita ser interpretado. Las entidades teóricas son representaciones para ser usadas por un sujeto –individual o comunitario-. El aspecto *pragmático* del enfoque se da al ver cómo explica una persona determinadas observaciones empíricas por medio de dispositivos conceptuales más o menos estructurados. De este modo, la teoría de la representación científica se concibe como teoría de las *prácticas representacionales* en la ciencia. Ibarra nos dice: “*Práctica y representación* no se contraponen, sino que se implican en la construcción de

representaciones significativas. Si nos remitimos únicamente a las condiciones matemáticas del concepto de *representación* derivamos hacia una serie de cuestiones que nos separan de nuestro objetivo de comprender la ciencia real. Si, por otro lado, nos centramos en el estudio 'neutral' de las prácticas locales terminaremos cegados en nuestro intento de buscar alguna solidez para la ciencia. Por tanto, de lo que se trata es de integrar *práctica* y *representación* bajo el concepto de *práctica representacional*.⁵⁵ Las condiciones meramente formales del concepto de representación no pueden definir las características esenciales de la *práctica representacional*, sino que se necesita del análisis de las prácticas ya que son éstas las que determinan los dominios de *aplicación* de los conceptos, es decir, el análisis de las prácticas es necesario para poder comprender el significado de las representaciones.

5.1) LA SEMIÓTICA DE PIERCE COMO MODELO PRAGMÁTICO DE REPRESENTACIÓN

Ibarra y Mormann exponen la semiótica de Pierce para dar un modelo de la *pragmática* de las representaciones científicas; además, de que con ello muestra la autonomía epistémica de la significatividad empírica respecto a la semiótica. Otro elemento que se destaca de este modelo es la conceptualización triádica del signo.

El objetivo es el estudio de la relación entre un *interpretante* y los *signos*, en el marco de una teoría comprensiva de éstos. Según Pierce, nuestra actividad cognitiva es esencialmente simbólica, *representacional*, ya que no podemos pensar sin signos. La innovación que encontramos en la semiótica pierceana es que la representación no queda acotada por el par 'signo-objeto', sino que involucra además de manera esencial la participación de un tercer elemento: *el interpretante*. El incorporar la función de *interpretación* al concepto de representación es necesario, ya que, de la función del *interpretante* puede entenderse la característica de la *intencionalidad* de la representación. Así la representación se explica por la triada '*objeto-signo-interpretante*'. En los apartados precedentes ya hemos analizado la relación que debe darse entre el signo y el objeto, ahora lo que veremos es la manera cómo se inserta el *interpretante* en esa relación. Según la semiótica de Pierce, la *representación* es la operación de

⁵⁵Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 29.

un signo o su relación con el objeto para el intérprete del representamen, es decir la representación representa algo *por* algo *para* algo. El tercer elemento, *el interpretante*, del modelo pierceano de la representación cognitiva viene de su elucidación del explicandum *signo*: un representamen (signo en sentido semiótico) es una cosa vinculada bajo cierto aspecto a un segundo signo, el objeto del representamen, de forma tal que pone en relación una tercera cosa, su interpretante, con ese mismo objeto, a fin de poner en relación una cuarta cosa con este objeto, y así al infinito. Cabe mencionar que lo que esto describe son relaciones entre puros signos, y no queremos decir con esto que se siga, como en el enfoque de van Fraassen, solamente en ámbito puramente teórico, sino que, como Ibarra menciona, la simbolización permite que los 'hechos' sean científicamente operativos. Como veremos, Duhem, en su *Teoría Física*, cuando vemos como se constituye una teoría física, hace lo mismo, no trata directamente con una realidad cruda, con 'lo dado', sino trata con simbolizaciones.

De esta elucidación se resaltan dos aspectos: por un lado, se ha de considerar al *objeto* en cuestión siempre en relación 'funcional' con otros objetos, ya que el objeto del signo se caracteriza a su vez como signo; y por otro lado, el *interpretante* traduce indefinidamente el signo en su relación con el objeto, generando así un determinado estado de conocimiento con respecto al cual ha de situarse aquella relación binaria - signo-objeto, lo representante y lo representado-, y, consiguientemente, en relación al cual evoluciona la semántica de los conceptos, por tanto, compete al *interpretante acotar dinámicamente el significado del signo, situándolo en el contexto de otros signos, para producir una mayor determinación del objeto, esto es un incremento en la información acerca del objeto representado*. Por tanto, el progreso en el conocimiento está íntimamente vinculado a la secuencia progresiva de *interpretantes*.

Ahora bien, el interpretante tiene un carácter doblemente irreducible:

- el interpretante no es reducible al signo-representamen, ya que no puede identificarse un contenido esencial de éste a partir del cual pueda derivarse aquél.
- el interpretante no es reducible al objeto del signo. En esta irreducibilidad descansa el carácter indefinido de la serie de *interpretantes*: en la infradeterminación estructural fijada para ese tercer componente del modelo representacional por la estructura-objeto.

Lo que interesa, para la significación de los lenguajes científicos, es determinar si la secuencia de *interpretantes* es arbitraria o existe algún tipo de estructuración que precise su desarrollo de forma regulada, de ahí la importancia de analizar las prácticas científicas. La semiótica de Pierce establece una doble determinación sobre el signo, como codeterminado por la estructura asociada al signo-objeto, y por su aplicación en un ámbito global fijado por los *interpretantes*. El

interpretante interpreta la relación del signo con el objeto en cada aplicación, de ahí la naturaleza indefinida de la secuencia de interpretantes posibles para un signo.⁵⁶

5.2) LA INTENCIONALIDAD DE LA REPRESENTACIÓN

Con este apartado concluimos la exposición del *enfoque pragmático-representacional* de la ciencia de Ibarra y Mormann. Ahora, lo que se hace es aplicar el modelo pierceano a lo que hasta aquí se ha expuesto sobre este enfoque.

Se ha planteado que la significatividad de una entidad teórica está determinada por la función de representación, que la vincula con la *estructura relacional* asociada a un objeto representado, y que se concreta una red abierta de significados posibles, que serán fijados por la práctica científica en distintos marcos teóricos. La actividad científica puede verse como una práctica de realización de esos significados, esto es, de singularización de nuevos *interpretantes*. Recordemos lo que hemos expuesto acerca del esquema de Margenau:

$$D \xrightleftharpoons{f} s \xrightarrow{s} C$$

Donde *D* es el dominio de datos, *C* el dominio de los constructos simbólicos, y *f* y *s* son aplicaciones preservadoras de estructuras. Ahora, en la significatividad de las nuevas entidades teóricas, construidas representacionalmente a partir de determinadas estructuras, han de considerarse también como constitutivas de esa significatividad las *condiciones de aplicación* inducidas por ellas. De este modo, el componente significativo característico de una teoría no reside ni en la base empírica dada ni en los conceptos que fijan su marco conceptual, sino en el *espacio* inducido por la relación de representación, esto es en el *encaje* concebido no referencialmente, como singularización de los modelos posibles o estándar de la teoría, sino en su sentido más estrictamente funcional, concebido como *preservación de estructuras*, y extensible en una variedad de marcos teóricos posibles que concretizan esa preservación estructural. Por tanto, la *significatividad* de una entidad teórica –signo- no está dada en sí misma, en tanto que representante de un objeto, sino que reside en la determinación (parcial) de sus *interpretantes*; ya que de ellos deriva su significado y hacia ellos se dirige a fin de construir una

⁵⁶ En la semiótica de Pierce encontramos tres elementos que intervienen en el sentido, orden y significado de los signos, dichos elementos son *la gramática*, *la lógica* y *la retórica pura*, respectivamente. Los elementos no son tratados en este apartado ya que no es necesario para lograr nuestro objetivo; lo único que creemos conveniente resaltar es la función que desarrolla la *retórica pura*. Según Pierce, la tarea de la *retórica pura* es analizar la vinculación de los diversos interpretantes al signo; las teorías científicas pueden ser consideradas como complejos de signos en perspectiva de aplicación, que se concretizan mediante interpretantes concretos; así en cada situación teórica, *los interpretantes constituyen nuevas significaciones*.

representación más adecuada del objeto, a partir de las asociaciones conceptuales que hace posible. Una nueva entidad teórica introduce una perspectiva novedosa que muestra posibilidades insospechadas al relacionar su objeto con nuevos contextos teóricos para extender el alcance semántico de la entidad teórica. De este modo, el *signo* es mediación entre el *objeto* y el *interpretante*, entre el objeto y los sistemas formales que los determinan; esto es, la función del signo es representar la relación existente entre el *signo* y el *objeto*, es decir, fijar un *interpretante*. De esta manera, la representación está determinada por el objeto relativamente al *interpretante*. Con lo anterior se puede concluir el *carácter intencional de la representación*: “*la representación es representación de algo en una dirección determinada, fijada por el interpretante*”⁵⁷. De esto, Ibarra y Mormann formulan su principio de representación (PR):

(PR) La representación es representación de algo por algo para algo.

El análisis de dicho principio se hace en dos partes: la primera parte del principio es la que dice que las representaciones son representaciones *de algo por algo*; la segunda parte es la que dice que estas representaciones son *para algo*. Nosotros analizaremos este principio de esta misma manera.

5.2.1) LA REPRESENTACIÓN ES REPRESENTACIÓN DE ALGO POR ALGO.

Esta parte del principio equivale a probar los *teoremas de representación y unicidad* para las representaciones, los cuales fueron expuestos anteriormente. Para el análisis de esta parte del principio tenemos que tener presente el *enfoque semanticista de van Fraassen*, ya que la comprobación del *teorema de representación* está vinculado en lo que exponíamos sobre la *hipótesis teórica*. Por otro lado, Ibarra y Mormann explican esta parte del principio basándose en la concepción ‘estructuralista’ de las teorías (de Sneed, Moulines y Balzer).

La aplicabilidad de una teoría *T* (identificada por sus modelos actuales) a un dominio de la experiencia, requiere la reconstrucción de este campo como una *subestructura conceptual* (identificada por los modelos potenciales) de *T*; sólo de esta manera podremos ver si el dominio experiencial cumple las condiciones estipuladas en las leyes de *T*. Cuando es posible construir el sistema real como *subestructura conceptual*, o como diría van Fraassen como *subestructura empírica*, de la teoría (identificada por la clase de sus modelos potenciales), la identificación del sistema real se realiza por medio de la parte no-teórica con respecto a *T* de la estructura singularizada por los modelos potenciales. De este modo se preserva la *empiricidad* del sistema

⁵⁷ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 247.

real; además se logra la independencia en principio del sistema real respecto de la posibilidad –o no– de la validez de la teoría. La *subestructura empírica* de los modelos de datos asociados al sistema real se singulariza identificando, en la estructura conceptual de los modelos potenciales, los elementos conceptuales teóricos que incorpora T ; esto con la ayuda de un criterio de teoriedad: un concepto c es teórico con respecto a la teoría T si y sólo si todos los procedimientos de determinación del significado de c presuponen la aplicabilidad de alguna(s) ley(es) de T . De esta manera se pueden discriminar en la estructura conceptual de los modelos potenciales de T , los conceptos teóricos de los no-teóricos con respecto a T ; y si se toman sólo los teóricos de la estructura conceptual, entonces podemos singularizar en ésta una subestructura ‘parcial’ identificada con la estructura empírica de T , esto es, con la estructura del sistema real preteóricamente determinada respecto de T . Esta operación se realiza por medio de una aplicación de restricción r sobre la estructura conceptual teórica de T , identificada por sus modelos potenciales. Así, la representación teórica resultante es una representación de un sistema representado en una estructura parcial, que se obtuvo seccionando los componentes conceptuales teóricos respecto a T en la estructura conceptual. Los sistemas reales a los que se aplica T se caracterizan estructuralmente en base a esa estructura parcial; al conjunto de tales sistemas se les denomina como el *dominio de aplicación* de T , y se denota como I_T . De este modo, podemos decir que T representa los sistemas físicos de I_T , esto se explica del siguiente modo: los científicos utilizan las estructuras asociadas a T para hacer determinadas afirmaciones sobre el mundo, esto es, determinadas *aserciones empíricas* (las cuales equivalen a las *hipótesis teóricas* de van Fraassen); y lo que se quiere es representar un sistema físico caracterizado como una estructura ‘parcial’ de esa subestructura conceptual en la que ya no aparecen los componentes teóricos respecto a T . Y son dichas *aserciones empíricas* las que aseveran que T puede representar ese sistema físico, concebido como una estructura empírica de la que se han cercenado los conceptos teóricos con respecto a T .

Lo mismo explicado en los términos de Ibarra y Mormann. La naturaleza típicamente representacionista de la ciencia queda capturada por un esquema de representación, que puede singularizarse por una aplicación de restricción $r: M_T \rightarrow I_T$, tal que M_T identifica la *estructura de los modelos de la teoría* y la clase I_T es el *dominio de aplicaciones* de T , identificado estructuralmente por la estructura fijada por la clase de los modelos parciales empíricos. El functor r permite obtener modelos parciales a partir de los modelos actuales de T , eliminando sus componentes teóricos relativos a T . De esta manera el teorema de representación queda elucidado en este enfoque mediante la *aserción empírica* de la teoría, es

decir, mediante la *aserción* de que el conjunto de las aplicaciones de la teoría I_T puede cubrirse de manera apropiada mediante los modelos actuales de la teoría M_T , de forma tal que I_T esté contenido en la clase de los modelos parciales resultantes de la aplicación del functor de restricción en la clase de los modelos actuales M_T de la teoría.

Con esto queda probada la primera parte del principio de representación PR. Ahora pasaremos al análisis de la segunda parte de éste.

5.2.2) LA REPRESENTACIÓN DE ALGO PARA ALGO

En esta segunda parte del principio es donde se muestra con más claridad en lo que consiste la *intencionalidad* de la representación. Aquí lo que nos interesa es indagar el carácter de la realidad objetual de la teoría. Como señalaba Cassirer, los objetos no están 'ahí afuera', sino que, ya en el nivel de la percepción, son construidos en el proceso mismo de representación como aspecto dual de ésta, como invariantes de la experiencia. Un sistema teórico constituye sus objetos estableciendo determinadas acotaciones en el curso uniforme de los contenidos experienciales y fijando como estables determinados elementos y relaciones combinatorias. El objetivo del proceso de construcción teórica no es la *aplicación* de los productos resultantes a una realidad externa e independiente de ella, sino que se sitúa fundamentalmente en el propio ámbito de la construcción teórica, en el proceso de sistematización y extensión. El objetivo de esa construcción se sitúa en la producción de la intersección entre el *objeto* y el *signo* que crea el *interpretante*. La producción del signo como *representación* es el modo como un signo queda fijado como representación de un objeto por la mediación de otro signo, el *interpretante*; éste sintetiza el máximo de información relativa al objeto fijada por los signos. En conjunto los signos forman un sistema de *representaciones* del objeto a través de caminos diferentes, ya que el significado del objeto se adhiere a ese sistema en virtud de las semejanzas y diferencias de las *representaciones* reveladas por los *interpretantes*. El significado del objeto se crea en el modo como, siguiendo una regla de *traducción*, un nivel de estructuración –*el objeto*– es representado por otro; por tanto, *el significado no es inherente al objeto, sino que se determina en ese proceso de representación*. El grupo de *interpretantes* crea significados nuevos, de ahí que el proceso no sea arbitrario, sino que está determinado por el propósito de profundizar *intencionalmente* en el significado. Una justificación a esta función de *interpretación* es la que Ibarra expone de la siguiente manera: "es necesario incorporar una función de *interpretación* al concepto de *representación*. En las prácticas reales, los datos obtenidos en los procesos

empíricos y en sus representaciones simbólicas no coinciden; por tanto, la interrelación de esos dos tipos de datos se realiza según una *interpretación* contextual, mediante la cual el científico decide cuáles son las representaciones simbólicas de los datos en virtud de las teorías admitidas por él.”⁵⁸ Como vimos en la semiótica de Pierce, el *interpretante* es él mismo, un signo, y por tanto todo el proceso de *interpretación* por los usuarios de los signos se desarrolla en un mundo de signos, no de intérpretes. Todo signo debe tener su propia interpretabilidad antes de tener un interpretante. El *interpretante* selecciona alguna de las representaciones para una determinada *aplicación intencional*. En este aspecto *intencional* se identifica el *para algo* de la segunda parte del principio de representación.

Por último, según Ibarra y Mormann, la noción del *interpretante* tiene tres aspectos que la hacen plausible desde una perspectiva pragmática:

- Es refractaria al registro de la semántica formal. La justificación epistémica de una teoría está inevitablemente vinculada a consideraciones *pragmáticas*, relativas a las condiciones de realización del propio proceso de construcción teórica, es decir, inevitablemente vinculada a las condiciones del *interpretante*.
- La *pragmática* involucra comúnmente alguna noción relativa al *usuario* de las teorías. Los *interpretantes* son relativos a los propósitos y fines de los *usuarios* de los signos. Este aspecto tiene que ver con la relación entre la comunidad de agentes cognitivos y los procesos teóricos asociados: un sistema de signos establece un posible marco general de *aplicación*, pero son los *usuarios* de ese sistema de signos los que eligen coherentemente entre las *interpretaciones* posibles.
- El concepto de *interpretante* permite diseñar una teoría de la significación científica compatible con la *pragmática* de Pierce. El significado del concepto de un *objeto*, del *signo*, consiste en la secuencia acumulativa de esquemas *interpretantes*, que el *objeto* determina por medio del *signo*. El significado se aquilata en el marco definido por la relación de dos elementos y la regla que designa a uno de ellos como signo del otro, en el marco dinámico de una secuencia de *interpretantes*.

⁵⁸ Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 36. Este aspecto lo desarrollaremos más ampliamente en el siguiente capítulo, cuando veamos que Duhem también habla sobre la intencionalidad de la representación y en una elección representacional *inducida* en los científicos.

Con esto concluimos la exposición del *enfoque pragmático-representacional* de Ibarra-Mormann, ahora lo que nos ocupa es ver la manera en que este enfoque puede ser aplicado a una teoría científica. Para ello expondremos *La Teoría Física* de Pierre Duhem como realización del carácter representacional del conocimiento científico, esto tratando de vincular lo que Duhem expone en su *Teoría Física* y lo expuesto en este capítulo.

III

LA TEORÍA FÍSICA DE DUHEM:

Propuesta Representacional del Conocimiento Científico

Como hemos señalado en el capítulo anterior, la *Teoría Física* de Pierre Duhem será tomada como modelo para mostrar el carácter representacional del conocimiento científico.

El propósito de esto es mostrar que dicha teoría presenta varias de las características que Ibarra y Mormann exponen en su enfoque.

Lo que Duhem hace en su escrito es un análisis lógico del método que la física utiliza en su progreso; para realizarlo, primero, se fija el *objetivo* de la teoría física, después, conociendo el fin al que ésta tiende, examina su *estructura*, luego, estudia el mecanismo de las operaciones mediante las cuales se constituye y cómo contribuyen dichas operaciones al *objeto* de la teoría. Todo lo anterior se hace desde la práctica cotidiana de la ciencia. Duhem hace este análisis debido a que descubre que la teoría física construida lógicamente según el método inductivo (newtoniano) era impracticable; se da cuenta de que la auténtica naturaleza y el verdadero objeto de la teoría física no habían sido revelados con toda claridad. Por ello, no se puede exponer de forma satisfactoria ninguna doctrina física, hasta que esa naturaleza y ese objeto sean determinados con exactitud y detalle.

En la construcción de cualquier tipo de *teoría física*, primero, nos encontramos un número inmenso de *hechos concretos*, en los cuales nuestra mente encuentra características comunes y principales, este carácter común y principal se lo atribuye el científico de manera relativa, no hay un método que nos permita descifrar qué características serán tomadas en cuenta y cuáles no. Dichas características son resumidas posteriormente en una *ley* (proposición general que relaciona nociones abstractas). Luego, el conjunto de *leyes* es sustituido por un número reducido de *hipótesis fundamentales* (juicios generales), éstas *representan* todo el amplio conjunto de leyes, puede extraerse de ellas, mediante una deducción, cualquier *ley* que pertenezca al conjunto que la *hipótesis* estudie. Las *hipótesis* y sus consecuencias, esta labor de *abstracción*, de *generalización* y de *deducción* es lo que es en sí la *teoría física*. La teoría física es una *representación* condensada de *leyes experimentales*, y, a su vez, de *hechos concretos*. La economía intelectual que de ello se desprende es clara, ya, que

mediante la *abstracción* y la *generalización*, una gran cantidad de hechos concretos es representada por una ley única, y, un gran número de leyes es representado por un juicio general o hipótesis fundamental. Todo este proceso de constitución lo iremos desarrollando a lo largo del capítulo, aquí sólo lo mencionamos de una manera muy general.

La *teoría física* es un sistema que se constituye siguiendo las *cuatro operaciones sucesivas* propuestas por Duhem:

- 1) **Correspondencia.** De entre las propiedades físicas que nos revela la observación, y las cuales conceptualizamos, seleccionamos aquellas que consideremos como *propiedades simples* o *propiedades primeras*¹ (las demás propiedades, las compuestas, se tomarán como grupos o combinaciones de las propiedades simples), y las hacemos corresponder con un cierto grupo de símbolos matemáticos, números y magnitudes, a través de métodos de medición.² A través de los métodos de medición podemos hacer que cada estado de una propiedad física corresponda a un valor del símbolo representativo y viceversa.
- 2) **Formación de hipótesis.** Los diferentes géneros de magnitudes se conectan por medio de un reducido número de proposiciones, las cuales servirán como principios en las deducciones posteriores. A estos principios se les llama *hipótesis*, que vienen a ser los fundamentos sobre los cuales se construirá la teoría. Esta operación puede tomarse como la *representación de otra representación*, más adelante será desarrollado.
- 3) **Desarrollo matemático de la teoría.** Los diversos principios o hipótesis de una teoría se combinan de acuerdo a las reglas del análisis matemático. Las magnitudes en las que los cálculos se producen no son 'realidades físicas', y los principios que se emplean en las deducciones no se dan como relaciones reales entre dichas realidades. Por lo tanto, lo único que se puede demandar durante la construcción es que los silogismos sean válidos y los cálculos exactos.
- 4) **Valor de la teoría.** Las variadas consecuencias que se desprenden de las *hipótesis* pueden ser traducidas como diversos *juicios* que tienen que ver con las propiedades físicas de los cuerpos. Los métodos apropiados de definición y medición de las propiedades físicas son los que permiten hacer esta traducción; estos *juicios* se

¹ Lo único que queremos señalar acerca de las *propiedades primeras* es que éstas son consideradas primeras porque son irreducibles a otras propiedades; y que no existe un método para decidir qué propiedad puede tomarse como primera, el físico le atribuye esta característica de manera relativa, dependiendo de lo que éste estudie. En esto vemos un rasgo de *intencionalidad*. Para ampliar esta cuestión véase: Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, pp. 157-171.

² Estos símbolos matemáticos no tienen conexión alguna con las propiedades que representan, solamente producen la relación entre el signo y la cosa significada.

comparan con las *leyes experimentales* que la teoría intenta representar. Si estos juicios *encajan* (o concuerdan) con las *leyes experimentales*, con el grado de aproximación que implican los procedimientos de medición utilizados, se dice que la teoría ha conseguido su propósito; si no, la teoría tendrá que ser modificada o rechazada. De este modo, una teoría verdadera será aquella que represente de manera satisfactoria un conjunto de leyes experimentales; y una teoría falsa será el conjunto de proposiciones que no *encaje* con las leyes experimentales. Este “*encaje*” con lo experimental, con la experiencia, es el único criterio de verdad de una teoría física.

Estas cuatro operaciones conforman lo que es la *estructura* de la teoría física, la cual iremos exponiendo a lo largo del capítulo; en la exposición del mismo no seguiremos el orden de estas definiciones. Mencionamos aquí estas cuatro operaciones debido a que ellas nos ayudarán a llevar a cabo el análisis de las definiciones que citaremos a continuación.

Vamos a partir de la definición que Duhem da de *Teoría Física*, así como de lo que él concluye sería el *objeto* que ésta debe perseguir; seguiremos el orden que estas definiciones dan para poder exponer nuestro objetivo, a saber, plantear a *La Teoría Física* como una propuesta representacional del conocimiento científico.

Definición de Teoría Física:

Una teoría física no es una explicación. Es un sistema de proposiciones matemáticas, deducidas de un pequeño número de principios cuyo objeto es representar de la manera más simple, más completa y más exacta posible un conjunto de leyes experimentales.³

Objeto de la Teoría Física:

Una teoría física tiene que ser un sistema de proposiciones lógicamente encadenadas, cuyo objetivo no será proporcionar una explicación, sino una representación y una clasificación natural de un conjunto de leyes experimentales.⁴

Ahora pasaremos al análisis de estas definiciones, para ello dividimos el resto del capítulo en los siguientes apartados: 1) la teoría física no es una explicación; 2) la teoría física como sistema lógico de proposiciones; 3) niveles de representación en la teoría física; y, 4) razonamiento subrogatorio y clasificación natural.

³ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 22.

⁴ *Ibid.* p. 137.

1) LA TEORÍA FÍSICA NO ES UNA EXPLICACIÓN

Como hemos visto al exponer el *objeto* de una teoría física, ésta no tiene como fin el dar una explicación; a continuación, veremos el sentido que Duhem le da a una explicación y por qué la Teoría no puede tomarse de esta manera.

Al preguntarnos por el *objeto* de una teoría física la posible respuesta a esta cuestión es tomada en dos direcciones: la primera, en la que se concibe a la teoría física como una *explicación* de un conjunto de leyes establecidas experimentalmente; y la segunda, en donde se toma a la teoría física como un *resumidor y clasificador lógico de leyes experimentales*. En lo que respecta a la primera dirección, en esta perspectiva la *explicación* se toma como el *despojar* la realidad de las apariencias que la envuelven. Tanto la observación de los fenómenos físicos como las *leyes experimentales*, las cuáles serán vistas como las *representaciones* de dichos fenómeno, nos ponen en relación con las apariencias sensibles; por tanto, en esta línea, el *objeto* de la teoría sería el quitar los velos, las apariencias, y buscar que hay realmente en los cuerpos. Esto nos recuerda la intención de los positivistas lógicos de reducir todo a una base, a lo 'inmediatamente dado', pero, como hemos visto, esto acarrea más problemas de los que resuelve. Un primer esbozo del proceso del conocimiento científico sería: a lo primero que nos enfrentamos es a sensaciones particulares y concretas: *hechos*; después, nuestra inteligencia hace que dichas sensaciones sean elaboradas de tal forma que nos proporcione *nociones generales y abstractas*, las cuales tomaremos como *representaciones simples* o como *conceptualizaciones*, ya que, como hemos visto la representación es un proceso más complejo, porque las representaciones implican relaciones; luego, las *leyes experimentales* enuncian las relaciones fijas que hay entre éstas nociones, aquí ya estamos hablando de *representaciones complejas*, ya que éstas son *representaciones* de las *representaciones simples* y muestran las relaciones que hay entre éstas, este nivel del proceso podríamos tomarlo como la construcción de las *subestructuras empíricas*; recordemos que en el primer capítulo, al exponer el *enfoque semanticista de van Fraassen*, decíamos que dichas subestructuras guardaban una relación con la realidad que representaban, pero además eran parte de los modelos de la teoría. Pero, estas *nociones abstractas* constituyen para nuestra mente solamente las características generales de nuestras percepciones, es decir, cómo es el *hecho*, particular y aislado, en relación con nosotros y no cómo es el hecho en sí mismo; esta realidad, de ver cómo es el hecho en sí mismo, será dada a conocer por las teorías, esto en el sentido en el que las teorías son vistas como *explicaciones*.

A diferencia de otras teorías (ej. la teoría acústica), la *teoría física* casi nunca puede considerarse a sí misma una *explicación* cierta de las apariencias sensibles, en el sentido que mencionábamos en la primera dirección, ya que la *explicación* que la teoría física da de las *leyes experimentales* que rigen los fenómenos no es exacta, sino que es *aproximada*. Por tanto, la *teoría física* se satisface en demostrar que todas nuestras percepciones se producen *como si* la realidad fuera tal como afirma; así, una teoría de este tipo se ve como una *explicación hipotética*. En este aspecto recae el que la *explicación hipotética* que nos da la *teoría física* sea aproximada. Según Ibarra, no existe y no existirá nunca una teoría sobre el mundo entero, que sea verdadera o empíricamente adecuada de manera absoluta⁵. Ahora, explicaremos por qué una *teoría física* no puede concebirse como una *explicación* en el sentido arriba señalado.

No es asunto de la física el rendir cuentas de los elementos que constituyen realmente las cosas materiales, las cosas en sí, la física no tiene que decirnos cuál es la naturaleza de los elementos que constituyen la 'realidad material', como tampoco le compete decirnos si existe una 'realidad material' distinta de las apariencias sensibles. Como hemos visto, el mismo problema teníamos en el capítulo anterior, al querer definir lo que entenderíamos por lo *empíricamente objetivo* en una representación, y como vimos el problema de la *objetividad* se soluciona cuando expusimos "la construcción conceptual de la realidad científica". En todo caso, nos dice Duhem, estas cuestiones son objeto de la *metafísica*, ya que sobrepasan los métodos de observación que utiliza la física. Con esto podría pensarse que la física teórica se encuentra subordinada a la metafísica.⁶ Lo que Duhem nos dice es que no hay metafísica que sea capaz de extraer de ella misma todos los elementos de una *teoría física*. Nos dice que "las enseñanzas que proporciona una determinada metafísica acerca de la verdadera naturaleza de los cuerpos consiste casi siempre en negaciones... estas negaciones son estériles cuando se quieren extraer de ellas los principios de una teoría física"⁷. Algunas veces las leyes que encontramos dentro de una *teoría física* pueden concordar con alguna escuela metafísica, pero la ley no es una consecuencia obligada de ella; en una teoría física se plantean siempre determinadas *hipótesis* que no están fundamentadas en los principios de la doctrina metafísica, ya que la ley viene dictada por el deseo de hacer coincidir las explicaciones con los hechos y no por las exigencias de una filosofía. Por lo tanto, no se puede extraer de un sistema metafísico todos los

⁵ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 85.

⁶ El someter las teorías físicas a la dependencia de la metafísica no le asegura a la física el beneficio del consenso universal. Además de que las divisiones que se presentan en los distintos sistemas (escuelas) metafísicos se prolongarían al ámbito de la física. Esto es, que la concepción de las teorías físicas se vería viciada o influida.

⁷ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, pp. 18.

elementos necesarios para construir una *teoría física*, ya que la teoría siempre recurre a proposiciones que ese sistema no ha proporcionado.⁸

De este modo, vemos cómo es que la *teoría física* no puede concebirse como una *explicación* de la realidad, ni siquiera como una *explicación hipotética*. Por tanto, la resolución a la pregunta por el *objeto* de la *teoría física* será tomada en la segunda dirección, a saber: en donde se toma a la *teoría física* como un *resumidor y clasificador lógico de leyes experimentales*. Ahora seguiremos con la segunda parte de nuestras definiciones, la que nos dice que una *teoría física* es un sistema proposicional lógicamente encadenado.⁹

2) LA TEORÍA FÍSICA COMO SISTEMA LÓGICO DE PROPOSICIONES

Toda teoría que esté hecha a modo de *clasificación*, pretende ser un sistema que es construido según las reglas de una lógica rigurosa; el encadenamiento lógico que la teoría presenta entre todas las partes que la constituyen es lo que le da *unidad a la teoría*.¹⁰ “Si las teorías físicas reflejan de alguna manera las relaciones reales de las cosas, dicho reflejo no puede estar privado de orden y unidad.”¹¹

⁸ Queda abierto el debate sobre la dependencia o independencia de la física con respecto a la metafísica, o en otras palabras, de la ciencia (cualquiera) con respecto a la filosofía. Decimos esto debido a que Duhem en su artículo *La física de un creyente*, nos dice que la física no puede desarrollarse únicamente en un sentido positivo, sino que ha de buscar en la metafísica las bases que establezcan su legitimidad, en tanto que la física tiende a ser una clasificación natural. Duhem Pierre M. M., *ibid.*, p. 392. Y es en este aspecto de clasificación natural, que más tarde expondremos, donde la física no se libera completamente de la metafísica. Estamos de acuerdo en que la física no toma de la metafísica los elementos para su constitución, pero ¿si para su justificación? Duhem justifica esta subordinación diciendo que no hay ningún método científico que contenga en sí mismo toda su justificación, los principios de la física no dan cuenta de ellos mismos, así que hay que buscarlos en otro lado, en razones ajenas a la física (p.385).

⁹ Cabe mencionar que dejamos el aspecto de *clasificación natural* para el final del capítulo, ya que esta es una de las principales aportaciones que *La Teoría Física* de Duhem hace, además que es una de las tesis más complejas que trataremos.

¹⁰ Al parecer la lógica es el método mediante el cual una teoría, es decir, una representación compleja, puede alcanzar su unidad. Recordemos la propuesta que Carnap hace en *La construcción lógica del mundo*, en la que nos plantea una reconstrucción lógica de los conceptos, mediante la cual será posible la unificación de la ciencia; ya que los objetos de la ciencia, a través del método del cuasi-análisis, serán vistos como ‘complejos lógicos’.

¹¹ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 133.

De la exposición que Duhem hace sobre los espíritus fuertes, pero estrechos, y los espíritus amplios, pero débiles, me interesa resaltar la parte en la que, después de haber explicado las características propias a cada tipo de espíritu y de haber expuesto el tipo de teoría física que cada uno desarrolla, se dice que los únicos verdaderos objetos de la ciencia son aquellos que pueden representarse, ya sea mediante un modelo (espíritu débil) o ya sea mediante una teoría abstracta (espíritu fuerte). En ambos casos lo que se hace son representaciones, la diferencia está en que el espíritu débil, al representar las leyes mediante modelos, no lo hace para economizar el pensamiento, sino que sustituye ciertos objetos por otros; y en cambio, el espíritu fuerte, lo que hace es que su representación, su teoría abstracta, sea la condensación de un cierto número de leyes y objeto.

Duhem nos dice que, la *teoría física* al ser un sistema de proposiciones lógicamente encadenadas, tiene que seguir el ejemplo de la matemática, ya que en ésta ciencia la *lógica* alcanza su mayor grado de perfección, debido a que la matemática posee un lenguaje simbólico extremadamente *reducido*. La física no llegará a ser una ciencia clara y precisa, capaz de obtener el consenso universal, hasta que pueda expresarse en términos matemáticos, más precisamente, en términos algebraicos. De este modo, para que una *teoría física* pueda exponerse en términos algebraicos, hace falta que todas las nociones que utiliza puedan ser representada por números. Esto nos hace pensar de qué manera los objetos de la física pueden ser matematizados, esto es, expresar sus atributos mediante números. Para resolver esta cuestión Duhem se remonta a Aristóteles; el estagirita nos dice que para que un atributo de un cuerpo pueda ser expresado mediante un símbolo numérico, es suficiente y necesario que dicho atributo pertenezca a la categoría de *cantidad* y no a la categoría de *cualidad*, es decir, que el atributo sea una magnitud. Más tarde, veremos que esto no es totalmente cierto, ya que las cualidades sí son susceptibles de matematización; por el momento expondremos por separado las características que Duhem expone sobre *cantidad* y *cualidad*.

- *CANTIDAD*. Cualquier estado de *magnitud* de una *cantidad* siempre puede formarse por adición, por medio de otros estados más pequeños de la misma cantidad; cada cantidad, por medio de una operación conmutativa y asociativa, es la suma de cantidades que son menores a la primera, pero de la misma especie que ésta, es decir, son sus partes. Una gran cantidad siempre está formada por la suma de cierto número de pequeñas cantidades de la misma especie.
- *CUALIDAD*. La mayoría de las *cualidades* son susceptibles de más o de menos, esto es, son susceptibles de *intensidad*. Una cualidad de una cierta especie y de una cierta intensidad no es de ningún modo el resultado de varias cualidades de la misma especie y de intensidad menor. Cada *intensidad* de una *cualidad* tiene sus características propias, individuales, que la hacen totalmente distinta de las intensidades menores o mayores. En esta categoría no se encuentra ninguna operación, conmutativa o asociativa, de modo de que de la cualidad no se puede tomar la medida, que sea susceptible de ser sumada.

Con esto sería fácil afirmar que la física teórica ha de ser una física meramente cuantitativa; pero esto es un error. La física teórica no tiene la capacidad de captar las 'propiedades reales' de los cuerpos, de este modo no puede decidir si dichas propiedades son *cuantitativas* o *cualitativas*. La tarea de la física teórica se limita solamente a *representar* las apariencias sensibles por medio signos, símbolos; el carácter puramente cualitativo de una noción no impide que los estados de

ésta puedan ser *representados* por medio de números. Una misma cualidad puede presentar una infinidad de intensidades distintas, las cuales se pueden fijar y numerar: cuando la misma cualidad se presenta con la misma intensidad se le pone el mismo número, y, cuando ésta sea más intensa se le pone un número más elevado, y si es más débil se le pone un número menor. De este modo, sustituiremos una cualidad, ej. *lo caliente de un cuerpo*, por un símbolo numérico, ej. *la temperatura*. La temperatura será el número que se le atribuye a cada punto de un cuerpo en cada instante, vinculando el calor que reina en cada punto y en cada instante; a dos calores de igual intensidad le corresponde el mismo número de temperatura; si el calor aumenta en un punto, le corresponde un número más elevado de temperatura; y si disminuye un número menor. Con lo anterior se demuestra que las cualidades también son matematizables. Esto es, que pueden *representarse*.

Los números que miden magnitudes de la misma especie sólo nos informan plenamente de estas magnitudes si conocemos el *patrón*¹² que representa la unidad. En lo que respecta a la *cantidad*, la *magnitud* a la que se refiere se define tanto por un número abstracto como por el conocimiento concreto del *patrón*. Y, por lo que respecta a la *cualidad*, la *intensidad* está *representada* por un símbolo numérico, unido al procedimiento que nos permite obtener la *escala* de dicha intensidad; al conocer la *escala* le damos un sentido físico a las proposiciones algebraicas que se refieren a los números que *representan* las distintas *intensidades* de la cualidad estudiada. La elección de una *escala* permite sustituir el estudio de las distintas intensidades de una cualidad por la consideración de números, sometidos a las reglas de la matemática. Para ampliar sobre este respecto recordemos la noción de *escala* introducida en el sistema de Ibarra y Mormann:

Sea D un sistema relacional empírico $[D, \approx, <]$, C un sistema relacional numérico $[C, =, <]$ y f un *homomorfismo* de D en C . Una *escala de medida* es la terna (D, f, C) .

Y el ejemplo de *escala* que nos fue proporcionado:

Supongamos que D es un *sistema relacional empírico* $[D, \approx, <, \oplus]$, y C un *sistema relacional numérico* $[C, =, <, +]$. Ahora, el conjunto base C coincide con el conjunto \mathbb{R} de los números reales. Pues bien, la *escala* establece una correspondencia entre las relaciones de los dos sistemas relacionales D y C . De este modo, la propiedad cualitativa *ser menor que* $<$, se correlaciona con la relación numérica $<$; la propiedad de *ser similar* \approx , con la relación de igualdad $=$; la operación empírica de concatenación \oplus , con la operación matemática de la adición $+$.¹³

¹² Unidad de medida.

¹³ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997, p. 152.

Con esto queremos probar que las *cualidades* pueden ser *representadas* de manera adecuada por *números*; como vimos el *homomorfismo* nos asegura esto. Si aplicamos el ejemplo de Ibarra y Mormann a lo que Duhem nos dice acerca de las cualidades, el *sistema relacional empírico* consistiría en lo caliente de un cuerpo, y por otro lado, el *sistema relacional numérico* sería la temperatura que asignamos a cada punto de un cuerpo en cada instante, vinculando el calor que reina en cada punto y en cada instante.

Con esto se demuestra la posibilidad de que los objetos que estudia la física sean susceptibles de matematización, ya sean éstos *cantidades* o *cualidades*. Esto nos hace pensar en un *primer nivel representacional*; ya que los objetos de estudio de la física serán *representados* por nociones matemáticas.

Ahora lo que haremos es analizar la *tercera operación constitutiva* de la *teoría física*.

2.1) DESARROLLO MATEMÁTICO DE LA TEORÍA

La *deducción matemática* es un intermediario que pretende mostrarnos, en virtud de las *hipótesis fundamentales*¹⁴ de la teoría, que la concurrencia de determinadas circunstancias dará lugar a determinadas consecuencias. A diferencia de la matemática, la física lo que pretende *representar* mediante sus cálculos son *hechos concretos* y *observables*, y, la única manera en que puede hacerlo es mediante una *traducción*; hay que hacer que en los cálculos esté impregnado 'lo experiencial', hacer una versión en la cual se *sustituya* el lenguaje de la observación concreta por el lenguaje simbólico de los números, y, partiendo del resultado de la teoría hay que traducir el valor numérico de éste en una indicación formulada en el lenguaje de la experiencia. Este proceso tiene gran parecido con lo que hemos expuesto en el capítulo anterior sobre el *enfoque contextualista de Margenau*, recordemos que en este enfoque la actividad representacional es vista como un vaivén –swing- entre el dominio de datos *D* y el dominio de los constructos simbólicos *C*. En lo que Duhem nos dice podríamos sustituir los niveles de la actividad representacional como un vaivén entre *lo observacional* y el *lenguaje simbólico de la matemática*. Lo que nos interesa resaltar aquí es que Duhem, al igual que Margenau, plantea en su teoría representacional una especie de dialéctica. Veamos en lo que consistía la actividad representacional en Margenau:

¹⁴ Más adelante analizaremos la constitución de las *hipótesis fundamentales*, por ahora sólo recordemos lo que decíamos anteriormente, que las *hipótesis fundamentales* son las representaciones de los conjuntos de *leyes experimentales*, las cuales a su vez son las representaciones de las nociones abstractas que nuestra mente extrae de los hechos concretos.

Según Margenau la investigación física se mueve esencialmente según un ciclo peculiar: comienza con hechos definidos, perceptibles; de ahí pasa a un campo en el que, al menos algunos de los elementos operatorios, no son directamente perceptibles, y donde existe una gran libertad para las constricciones empíricas; y, finalmente, vuelve a emerger de nuevo el dominio de los hechos perceptibles. (Margenau 1935, 57).¹⁵

Por su parte, Duhem, en su *Teoría Física*, nos dice que el vocabulario que hace posible estas dos traducciones en sentido inverso (la sustitución del lenguaje de la observación concreta por el lenguaje simbólico de los números, y el valor numérico del resultado de la teoría en una indicación formulada en el lenguaje de la experiencia), está dado por los *métodos de medición*. Un problema importante que Duhem ve aquí es que nunca existe una coincidencia total entre los dos lenguajes que se manejan en la *traducción*, esto es, entre los hechos concretos y los símbolos numéricos. Como hemos visto, en los capítulos anteriores, este es el principal problema que encontramos al querer establecer una *relación representacional adecuada*; el que sistema representado esté adecuadamente *representado* por el sistema representante. Las respuestas a este problema fueron dadas en la exposición de los cuatro enfoques: *enfoque estándar del positivismo lógico*, *enfoque semanticista de van Fraassen*, *enfoque contextualista de Margenau*, y el *enfoque pragmático representacional de Ibarra-Mormann*; pero como vimos en los tres primeros la *relación representacional* presentaba limitaciones inherentes a cada enfoque; sin embargo, en el enfoque de Ibarra-Mormann vimos que esta relación podría cumplir su objetivo si seguía ciertas características, las cuales no expondremos aquí, sino que nos limitaremos a mencionar las que consideramos más importantes. Primero que nada en una *relación representacional* tiene que haber una *preservación de estructuras*, ésta es dada por el *razonamiento subrogatorio* presenta en la actividad teórica; luego las *representaciones* tienen que ser *significativas*, esto se logra realizando el *razonamiento subrogatorio*, y a su vez por la realización del *teorema de unicidad*; y por último, recordemos que la *significatividad representacional* esta ligada a la *intencionalidad*. Todo esto se realiza mediante el análisis de las *teorías científicas* y de la *práctica científica*. Antes de ver cómo es que *La Teoría Física* sigue dichas características, primero analizaremos de qué manera se dan las dos *traducciones en sentido inverso* que Duhem describe más arriba.

Esta *traducción*, correspondencia, de *hechos concretos* a *hechos teóricos*, y, a su vez, de *hechos teóricos* (resultado de la teoría) a *hechos concretos*, además de constituir un problema para la representación, presenta ciertas características principales. Para enunciar en lo que consiste una de estas características principales, primero tenemos que exponer lo que se

¹⁵ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Op. Cit.*, p. 100.

entiende por un *hecho teórico* y lo que se entiende por un *hecho práctico*. Citaremos a continuación el ejemplo que Duhem da para establecer la característica que presenta esta *doble traducción*:

- *Hecho*: La temperatura está distribuida de determinada manera en determinado cuerpo.
- *Hecho teórico*: es el conjunto de datos matemáticos mediante los que un *hecho concreto* es *sustituido (traducido, representado)* en los razonamientos y cálculos de un teórico. Aquí todo está determinado de una manera precisa. El cuerpo estudiado está definido geoméricamente, con aristas y puntos; se conocen perfectamente las longitudes y los ángulos que determinan su figura. A cada punto de este cuerpo le corresponde una temperatura, y esta temperatura es, para cada punto, un número que no se confunde con ningún otro.
- *Hecho práctico*: No contamos con la precisión que se tiene en el *hecho teórico*. El cuerpo no es ya un sólido geométrico, sino un bloque de concreto; sus aristas ya no son la intersección geométrica de dos superficies, sino columnas vertebrales redondeadas o dentadas, sus puntas están más o menos desmochadas y embotadas; no obtenemos la temperatura de cada punto, sino una especie de temperatura media correspondiente a cierto volumen no exacto; además no se puede afirmar que esa temperatura es igual a un número exacto.¹⁶

De esto se concluye que no podemos, en un *hecho práctico*, tener la misma exactitud rigurosa de la que gozamos en el *hecho teórico*, sino que éste es *aproximado*. Por tanto, la característica, que mencionábamos anteriormente, consiste en que *de una infinidad de hechos teóricos diferentes puede ser considerada la traducción de un mismo hecho práctico*; de manera que un *hecho práctico* se traduce por un haz de hechos *teóricos diferentes*. Los elementos matemáticos que se unen para constituir uno de esos hechos pueden variar de un hecho a otro, pero dicha variación no puede sobrepasar determinado límite; este límite es el del error que puede comportar la medición de cierto elemento.¹⁷

Ahora bien, ya vimos como los *hechos prácticos* que se presentan en la experiencia se traducen en un haz de *hechos teóricos*, a los cuales les corresponde, en el desarrollo matemático de la teoría, un segundo haz de hechos teóricos que está destinado a representar el resultado de la experiencia; y a su vez este resultado debe ser traducido del haz de *hechos*

¹⁶ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, pp.176-177.

¹⁷ Cuanto más perfectos son los métodos de medición, mayor es la aproximación que proporcionan y más estrecho es el margen de error.

teóricos a hechos prácticos, sólo entonces se conocerá el resultado que la teoría asigna a la experiencia. Podríamos expresar este proceso mediante el siguiente esquema:

$$HP_{po} \rightarrow HT_{po} \rightarrow R(HT_{po}) \rightarrow HP_{po}$$

En donde *HP* simboliza los diversos *hechos prácticos*; *HT* simboliza el haz de *hechos teóricos* mediante los cuales nos *representamos* la diversidad de *hechos prácticos*; *R(HT)* es el resultado de la teoría, el cual se nos da en *hechos teóricos*; y, por último *HP* simboliza la *traducción* del resultado a *hechos prácticos*. El subíndice *po* nos dice que esos hechos no son únicos, sino que son todo un conjunto de hechos; con esto no queremos decir que la elección de los hechos que conformarán la *traducción* sean elegidos al azar, sino que esa multiplicidad de hechos guarda una determinada relación con los hechos que *representa*. Ya vimos cómo un *hecho práctico* puede ser representado por una infinidad de *hechos teóricos*; ahora veremos, en el siguiente apartado, cómo es que a un *hecho teórico* pueden corresponderle una infinidad de *hechos prácticos*.

En esta segunda traducción (*hechos teóricos-hechos prácticos*) Duhem hace la distinción entre deducciones matemáticas (*hechos teóricos*) útiles o inútiles¹⁸:

- *Deducción matemática útil*: Cuando el haz de *hechos teóricos* mediante el que la deducción matemática asigna a nuestra experiencia el resultado que ha de dar, nos proporciona un único *hecho práctico*. Aquí la deducción matemática alcanza su objetivo, ya que permite afirmar que en virtud de las hipótesis fundamentales, tal experiencia, hecha en tales condiciones, ha de proporcionar tal resultado concreto y observable; habrá hecho posible la comparación entre las consecuencias de la teoría y los hechos.
- *Deducción matemática inútil*: Cuando no se obtiene un *hecho práctico* único, sino varios *hechos prácticos* que resultan imperceptibles a la sensibilidad de los instrumentos de medición. Aquí la deducción matemática pierde su utilidad.

Así, una *deducción matemática*, que surge de las *hipótesis fundamentales*, puede ser *útil* o *inútil* si, de las condiciones prácticamente dadas de una experiencia, permite o no obtener la previsión prácticamente determinada del resultado. Pero, la deducción matemática, que debe ser *útil*, no tiene que limitarse a afirmar que de una proposición rigurosamente verdadera, se sigue la exactitud rigurosa de otra proposición; sino que, hay que probar además que la segunda proposición es *más o menos* exacta, cuando la primera es *más o menos* verdadera. Aquí encontramos de nuevo el aspecto de *proximidad* de una *teoría física*.

¹⁸ Esta distinción entre la deducción matemática útil o inútil no es absoluta, ya que depende en su mayoría de la sensibilidad de los instrumentos con los que el físico cuenta. A mayor fineza en la medición, mayor la probabilidad de encontrarnos con una deducción matemática útil. Aunque también depende de los medios de medición que sirven para traducir a números las condiciones dadas en la experiencia.

Además del punto que expusimos anteriormente, para que una deducción matemática nos sea completamente útil en física, es necesario que delimite la amplitud de estos *más o menos*: primero, tiene que fijar los límites de error que puede cometerse en el resultado, cuando se conoce el grado de precisión de los métodos de medición de datos; y segundo, tiene que definir el grado de incertidumbre que se podrá conceder a los datos cuando se quiera conocer el resultado con una aproximación determinada. Sólo de esta manera obtendremos una *traducción* fiel entre los términos de la física y los términos de la matemática.

Sin embargo, para poder completar el tipo de *representación* que nos proporciona la matemática, es necesario que analicemos un componente esencial de la *teoría física*, este es el *experimento de física*.

2.2) EL EXPERIMENTO EN LA TEORÍA FÍSICA

Lo que Duhem expone es el método experimental tal y como es usado en física. Como ya vimos, el objetivo de la teoría física es la *representación* de las *leyes experimentales*¹⁹, y, la *ley*, en física, no es más que el resumen (representación) de una infinidad de experimentos realizados o realizables; por tanto, tenemos que preguntarnos qué es un *experimento de física*. La respuesta que Duhem da a esta pregunta es:

*“Un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la interpretación de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos concretos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que les corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador.”*²⁰

Con lo anterior podemos señalar que el *experimento de física* consta de dos partes: la primera, que es la *observación* de ciertos hechos; y la segunda, que es la *interpretación* de los hechos observados, para esta *interpretación* es necesario que tengamos conocimiento de las teorías físicas, si no, el *experimento* no podrá ser realizado. En la segunda parte del *experimento*, lo que

¹⁹ La noción de *ley* será tratada junto con la constitución de las *hipótesis fundamentales*, por ahora basta con recordar que las *leyes* son las *representaciones* de las ‘naciones abstractas’ que nuestra mente extrae de los *hechos concretos*.

²⁰ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.193. Aquí podemos encontrar un problema si queremos extender el *modelo representacional* a las demás ciencias (que no sean física), y a otros campos del conocimiento. Esto lo decimos porque, tal vez, las características especiales que presenta el *experimento de física* son las que hacen posible una *representación* de acuerdo al modelo representacional que aplicamos, a saber, el *enfoque pragmático representacional de Ibarra-Mormann*.

el físico ve son símbolos abstractos, que solamente la *teoría física* es capaz de relacionar con hechos realmente observados. Ejemplos de estas ideas abstractas que el físico ve en la observación de un fenómeno son: 'volumen', 'temperatura', 'presión', etc. y, para conocer estas ideas abstractas es necesario conocer de antemano muchos aspectos de la física. En esto consiste la segunda parte del experimento de física, en que la *interpretación teórica* lleva en sí el conocimiento de *teorías físicas*.

De ahí que Duhem haga la diferencia entre el *experimento de física* y el *experimento ordinario*. Una de las características que hacen esta diferencia es el tipo de *interpretación teórica* que se da: en el *experimento ordinario* lo que se obtiene es la constatación de una relación entre diversos hechos concretos, bajo estas circunstancias obtengo esta consecuencias; en cambio, en el *experimento de física*, lo que se obtiene es el enunciado de un *juicio* que relaciona entre sí ciertas nociones abstractas y simbólicas, cuya correspondencia entre los hechos concretos la establecen solamente las teorías, este *juicio*, que es el *resultado del experimento*, no expresa un objeto que es directamente visible y tangible, sino que sus palabras tienen un sentido abstracto y simbólico, el cual está vinculado a las realidades concretas sólo a través de las teorías. El físico, que conoce las teorías, traduce en hechos este *juicio*, realiza el experimento que se expresa en esos términos abstractos y simbólicos, pero, la realización del experimento puede hacerse de distintas maneras.²¹ Para aclarar más esto, recordemos el ejemplo expuesto en el capítulo anterior, en el que tratábamos la diferencia entre *lenguaje técnico* y *lenguaje científico*:

Ejemplo de *lenguaje técnico*: nos encontramos en un velero y el oficial de guardia grita: «¡Todos a las bolinas!» Como no somos expertos marineros, no sabemos lo que esas palabras significan, pero vemos que los hombres de la tripulación se dirigen a unos puestos previamente asignados, agarran unos cabos concretos y tiran acompasadamente de ellos. Las palabras del oficial designan objetos concretos bien determinados, y despiertan en la mente de los marineros la idea de una maniobra 'única' conocida que hay que realizar.²²

En el ejemplo vemos que el *lenguaje técnico* representa hechos concretos determinados, y que dicha *representación* se hace de manera *inmediata*. No hay una operación intelectual compleja entre el *lenguaje técnico* y los hechos concretos que éste describe, es decir, la manera en la que se expresa lo observado no requiere una estructuración conceptual

²¹ En lo que sigue encontramos un problema y una posible contradicción con lo que hemos expuesto anteriormente acerca de la deducción matemáticamente útil. Recordemos que la deducción matemáticamente útil se da cuando el haz de hechos teóricos, mediante el que la deducción matemática asigna a nuestra experiencia el resultado que ha de dar, nos proporciona un *único* hecho práctico.

²² Duhem Pierre, *Op. cit.*, p. 196.

compleja y el significado de las conceptualizaciones se constata directamente con lo que se observa. El hecho al que se refiere “todos a las bolinas” es un hecho único y determinado. Además, aunque no seamos diestros en el arte u oficio en el que se utiliza dicho lenguaje, no nos resultará difícil descifrar lo que éste describe.

Ejemplo de *lenguaje científico*: supongamos que ante un físico se pronuncia la siguiente frase: «Si se aumenta la presión en tantas atmósferas, se aumenta en tantos voltios la fuerza electromotriz de una pila determinada.» Para los que conocen de física pueden transformar en hechos este enunciado, pero hay que destacar que dicha transformación puede hacerse de infinitas maneras distintas. Por ejemplo: puede ejercer presión vertiendo mercurio en un tubo, o manejando una prensa hidráulica, o haciendo subir un recipiente lleno de líquido, etc. del mismo modo se puede medir esta presión con un manómetro de aire libre o de aire comprimido o con un manómetro metálico, etc. Para apreciar la variación de la fuerza electromotriz puede hacer uso de electrómetros, galvanómetros, de voltímetros, etc. Para los que no estamos versados en física todas estas manipulaciones nos parecerían la realización de experimentos diferentes, de hechos diferentes; pero, para el físico la constatación de todos estos hechos se expresa mediante el enunciado: la fuerza electromotriz de una pila aumenta en tantos voltios cuando la presión aumenta en tantas atmósferas.²³

Como vemos en el ejemplo, una de las principales diferencias entre el *lenguaje técnico* y el *lenguaje científico* es que este último puede traducirse en hechos de infinitas maneras diferentes, ya que todos estos hechos dispares admiten la misma *interpretación* teórica. Es decir, que la representación que se da en el *lenguaje científico* no se da de manera inmediata, sino que es producto de un proceso intelectual complejo. Además de que el enunciado teórico es una fórmula simbólica que no tiene ningún sentido para aquellos que ignoran las teorías científicas, en el caso del ejemplo, las *teorías físicas*.

Como hemos visto en el ejemplo, todas las manipulaciones que el físico lleva a cabo para realizar el *experimento* no son experimentos diferentes, sino formas diferentes de un mismo *experimento*; del mismo modo los hechos que se producen nos parecen diferentes, pero todos ellos son la constatación del mismo *juicio*. Por tanto, la frase con la que el físico expresa los resultados de sus experimentos puede *traducirse* en hechos de infinitas maneras diferentes, esto debido a que todos estos hechos dispares admiten la misma interpretación teórica. Sucede así ya que entre *un símbolo abstracto* y *un hecho concreto* hay correspondencia, pero no hay

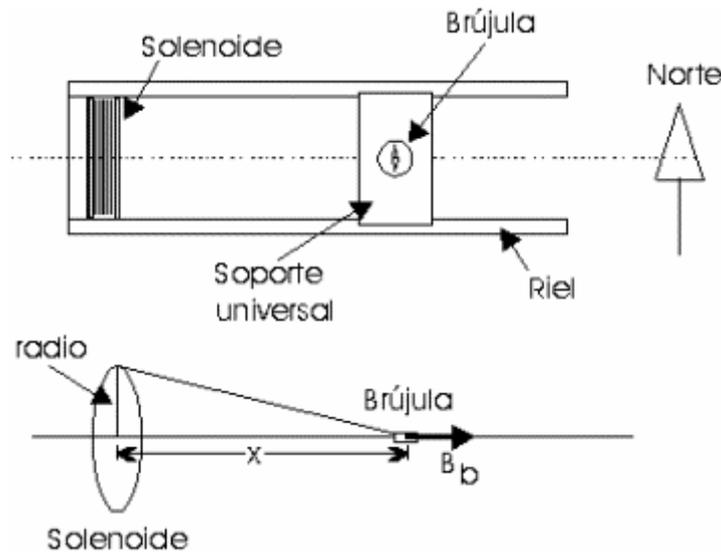
²³ *Ibid.*, p. 197.

igualdad total; el símbolo abstracto no puede ser la representación adecuada del hecho concreto, el hecho concreto no puede ser la realización exacta del símbolo abstracto. Esta disparidad se muestra, dice Duhem, en que hechos concretos muy diferentes pueden fundirse unos en otros cuando son *interpretados* por la teoría, constituir un mismo *experimento* y expresarse mediante un enunciado simbólico único. Y es aquí en donde encontramos un problema en las consecuencias que Duhem deduce, a saber: “A un mismo hecho teórico pueden corresponderle una infinidad de hechos prácticos diferentes. A un mismo hecho práctico pueden corresponderle una infinidad de hechos teóricos lógicamente incompatibles”.²⁴ El problema es qué pasa ahora con la deducción matemática útil, de qué manera podemos salvar lo que hemos expuesto sobre ella. Al parecer Duhem nos da la respuesta cuando introduce la noción de ‘*aproximado*’ tanto en la traducción de práctica a teoría y de teoría a práctica. Pero lo que Duhem nos quiere hacer ver es que entre los fenómenos que se constatan en el *experimento* y el resultado de este *experimento* se intercala una elaboración intelectual compleja, que sustituye una relación de hechos concretos por un juicio abstracto y simbólico; y no es, como en el caso del experimento ordinario la constatación de una relación entre diversos hechos concretos.

No sólo en el *resultado* del *experimento* podemos ver que los fenómenos observados son *interpretados* por las teorías, sino que encontramos también esta *carga teórica*²⁵ en los medios que utiliza el experimentador, a saber, los *instrumentos*. Los objetos concretos que componen a los *instrumentos* del laboratorio de física se sustituyen por una *representación abstracta y esquemática* que da pie al razonamiento matemático, si no, dichos *instrumentos* no se podrían utilizar. Lo que los *instrumentos* nos proporcionan es una evaluación numérica de determinados símbolos creados por las teorías, esto es, que esos números sólo adquieren sentido por las teorías; el físico aplica a los *instrumentos* las leyes y las fórmulas de la física. Ejemplo, el simple hecho de enfrentarnos, nosotros que no somos físicos, al mero dibujo de una brújula de tangentes:

²⁴ *Ibid.*, p.199.

²⁵ Lo que queremos decir con carga teórica es, que sin el conocimiento previo de las teorías admitidas por el físico, tanto el resultado del experimento como los instrumentos carecerían de valor o sentido. Es este concentrado de teoría que llevan en sí.



Aunque se mencionan sus partes, no sabemos para qué sirve, ni cómo funciona, así pues, ese raro *instrumento* lleva en sí un gran número de teorías (sobre el electromagnetismo, etc.) que nosotros al desconocerlas no le hayamos utilidad o sentido. Duhem nos dice que cuando el físico utiliza los *instrumentos*, tiene en su mente dos imágenes: 1) el *instrumento concreto* que manipula en realidad; y, 2) el *instrumento esquemático*, construido por símbolos que le son proporcionados por la teoría. El instrumento real y el instrumento esquemático no pueden ser ni serán la equivalencia exacta uno del otro.

Por otra parte, el grado de indeterminación de la proposición abstracta, matemática, mediante la cual se expresa el *resultado* del *experimento*, es el grado de *aproximación* de este *experimento*. Para conocer el grado de aproximación de un experimento, primero, se tiene que apreciar la agudeza de los sentidos del observador; y segundo, a partir de esto evaluar los errores sistemáticos que no han sido corregidos. Los errores sistemáticos de los cuales se desconozcan las causas y no puedan ser corregidos se agrupan bajo el nombre de 'errores accidentales'. Ahora, la certeza del experimento dependerá de la *interpretación teórica*, esto es, de la manera en que el físico inserta las teorías. Tanto Duhem como Ibarra y Mormann le dan gran importancia a la función de *interpretación*. Cuando exponíamos la semiótica de Pierce, el *interpretante*, era esencial en la relación representacional; por su parte, Duhem, nos dice que el *interpretante* es el que le da sentido a algunas representaciones, por ejemplo, los *instrumentos* del laboratorio; el *interpretante* traduce indefinidamente el signo. Esto es, que le compete al interpretante acotar dinámicamente el significado del signo, situándolo en el contexto de otros signos, para producir una mayor determinación del objeto, esto es un incremento en la información acerca del objeto representado. De este modo, encontramos una coincidencia entre

el *enfoque pragmático-representacional* y la *teoría física* de Duhem, y esta es que el progreso en el conocimiento científico está íntimamente vinculado a la secuencia progresiva de *interpretantes*. Por otro lado, recordemos que el *interpretante* a su vez nos une con uno de los elementos esenciales de la representación: la *intencionalidad* de ésta. En la *teoría física* nos parece más claro este aspecto, ya que el físico le da el *significado* a las representaciones, pero, este significado no es dado al azar, sino que involucran una serie de factores que lo condicionan.²⁶

De este modo, nos dice Ibarra, a diferencia del testimonio vulgar, el relato de un *experimento de física* nos informa del más mínimo detalle y de la más pequeña peculiaridad, esto con el fin de que podamos reproducir con toda exactitud el fenómeno que describe, o por lo menos un fenómeno teóricamente equivalente. De este modo, el número y la complejidad de los detalles que componen o acompañan al fenómeno son posibles de *clasificar* y *expresar*, gracias a la *representación* simbólica clara y concisa que proporciona la *teoría matemática*.

De esta manera, se ha aclarado cómo es que la *física teórica*, en su objeto de estudio, sigue las leyes del álgebra, ya que, como hemos visto, la *teoría física* vendrá a ser un sistema de proposiciones lógicamente encadenadas. Cabe destacar que el desarrollo matemático de la teoría sirve como *ordenador* y *clasificador* de los fenómenos que son objeto de la *teoría física*. Además de que también funciona como un *reductor* de complejidad, ya que al sustituir las *leyes* que son proporcionadas por el método experimental, por un sistema de proposiciones matemáticas que las *representan*, la ventaja que se obtiene es una *economía del pensamiento*, ya que la teoría sustituye un gran número de *leyes* que son independientes entre sí por un reducido número de proposiciones, éstas son las hipótesis *fundamentales*; una vez que son conocidas las *hipótesis* cualquier *ley* física puede ser recobrada a través de una *deducción matemática*, basta con conocer los principios, las *hipótesis*, en los que se basa la teoría. De este modo la teoría se presenta como un sistema más económico del pensamiento. Y, recordemos que éstas características son propias de la *representación*. Ahora, pasaremos a analizar este aspecto *representacional* de la *teoría física*.

²⁶ Esto lo veremos en el siguiente apartado cuando exponamos la constitución de las *hipótesis fundamentales*.

3) NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN LA TEORÍA FÍSICA

Ya antes hemos mencionado, a grandes rasgos, cuál es el proceso de formación de una *teoría física*, lo recordaremos nuevamente:

Para construir una *teoría física* con lo primero que nos topamos es con un número inmenso de *hechos concretos*, es decir, a lo primero que nos enfrentamos es a sensaciones particulares y concretas; luego nuestra mente nos proporciona de estos hechos concretos *nociones generales y abstractas*; como hemos señalado anteriormente, estas nociones no constituyen *representaciones*, ya que las representaciones son producto de un proceso más complejo, y además, las *representaciones* implican ya un tipo de relación. Siguiendo el proceso de constitución de la *teoría física*, las nociones generales y abstractas son resumidas en una *ley*, esto es, en una proposición general; las *leyes experimentales* enuncian las *relaciones* fijas que hay entre las nociones generales y abstractas. Luego, el conjunto de leyes es sustituido por un número reducido de *hipótesis fundamentales* (juicios generales), éstas *representan* todo el amplio conjunto de leyes, puede extraerse de ellas, mediante una deducción, cualquier ley que pertenezca al conjunto que la hipótesis estudie. Las *hipótesis* y sus *consecuencias*, esta labor de abstracción, de generalización y de deducción es lo que es en sí la *teoría física*. Como vemos el nivel de constitución de las *leyes experimentales* y el nivel de las *hipótesis fundamentales*, pueden ser tomados como representaciones, ya que son producto de un proceso intelectual complejo, además de que encontramos en éstos un amplio conjunto de relaciones.

De este modo vemos como la *teoría física* es una *representación* condensada de *leyes experimentales*, y, estas, a su vez, de *hechos concretos*. La economía intelectual que de ello se desprende es clara, ya que, mediante la abstracción y la generalización, una gran cantidad de hechos concretos es representada por una *ley* única, y, un gran número de leyes es representado por un juicio general o *hipótesis fundamental*.

Por tanto, tomaremos la constitución de las *leyes experimentales* y de las *hipótesis fundamentales* como *niveles de representación* en una *teoría física*. A continuación expondremos las características que cada nivel presenta.

3.1) PRIMER NIVEL REPRESENTACIONAL: LAS LEYES FÍSICAS

Una *ley física* es, como ya dijimos, el resumen de una infinidad de experimentos realizados o realizables; la *ley física* se basa en el *resultado* de estos experimentos, por tanto, todo lo que hemos dicho acerca de los experimentos puede extenderse a las *leyes físicas*. Del mismo modo en que se diferencian el *experimento ordinario* del *experimento de física*, se diferencian la *ley del sentido común* de la *ley física*. Nosotros nos limitaremos a exponer solamente las características de la *ley física*, aunque Duhem exponga también las características de la ley del sentido común.²⁷

Los términos utilizados en la *ley física* son *abstractos y simbólicos*, y, como hemos visto, lo *simbólico* adquiere sentido gracias a las *teorías físicas*. Para aclarar esto citaremos el ejemplo que Duhem expone:

Ante un caso real, al que se aplicará la ley de Mariotte. No tratamos con una temperatura concreta que materializa la idea general de temperatura, sino con un gas más o menos caliente; no tendremos ante nosotros una determinada presión concreta, que materializa la idea general de presión, sino una bomba sobre la cual se ha ejercido una determinada fuerza. A ese gas más o menos caliente le corresponde una determinada temperatura, y, a esa fuerza ejercida sobre la bomba le corresponde una determinada presión. Pero esta correspondencia es la que se establece entre la cosa significada y el signo que la sustituye, entre una realidad y el símbolo que la representa. *No es una correspondencia inmediata sino que se establece por medio de instrumentos, a través de procesos de mediciones...* Para atribuir una temperatura hay que recurrir al termómetro; para evaluar en forma de presión la fuerza ejercida hay que utilizar el manómetro. Y el uso de estos instrumentos implica el uso de teorías físicas.²⁸

Como ya vimos anteriormente, los instrumentos llevan en sí una 'carga teórica', así, si la *correspondencia* entre el signo y lo significado se da a través de los instrumentos y de los procesos de medición, esto implica que hay un conocimiento de las *teorías físicas*. Por tanto, los términos simbólicos que asocia una *ley física* son fruto del trabajo lento y consciente que ha elaborado las *teorías físicas*; no se puede comprender y aplicar la *ley* si no se conocen las *teorías físicas*. Así, *una ley física es un relato simbólico cuya aplicación a la realidad concreta exige que se conozca y se acepte todo un conjunto de teorías.*²⁹ Ahora bien, según se adopte una teoría u otra, las mismas palabras (símbolos) que figuran en el enunciado de la *ley física* cambian de significado, ya que el significado se lo da el físico cuando fija el conjunto de teorías; de este modo, la ley, para un físico puede significar una cosa, respaldado por un conjunto de

²⁷ Para ver la comparación entre 'leyes del sentido común' y 'leyes físicas' ver: Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.217-236.

²⁸ *Ibid.*, p. 219.

²⁹ *Ibid.*, p. 221.

teorías, y para otro físico significa otra, porque está respaldado por un conjunto de teorías diferente. Y es aquí en donde podemos ver la *intencionalidad* de la representación; ya que, según la elección (hecha por el físico) del conjunto de teorías, será el significado de las *representaciones*, de las *leyes físicas*. Esto quiere decir que el significado de estas primeras representaciones está dado de manera *intencional*; para aclarar más este asunto exponemos el siguiente ejemplo:

Duhem nos dice que el físico preferirá una *ley* sobre otra sobre todo porque la primera deriva de las teorías que admite. Por ejemplo, le pedirá a la *teoría de la atracción universal* qué *leyes* (fórmulas) debe preferir entre todas las que podrían *representar* el movimiento del sol.³⁰ Por otro lado, otro físico preferirá pedir ayuda a la *teoría de la relatividad universal*, para elegir las *leyes* (fórmulas) que expliquen el mismo fenómeno.³¹

De este modo, podemos explicar el mismo fenómeno de dos maneras diferentes, no sabemos cuál de ambas teorías sería la correcta, la verdadera, como veremos adelante esto depende del carácter simbólico de la *ley*; la practicidad y el significado de la *ley* depende de la *intención* del físico, de su *elección*, de los fines que se propone alcanzar, del conjunto de teorías que usa para interpretar las *leyes*.

Es en el carácter *simbólico* de la *ley física* en donde se basan las principales características de ésta.

Las *leyes físicas* son siempre *leyes simbólicas*, y un símbolo no puede ser verdadero ni falso, si no que está mejor o peor elegido para significar la realidad que *representa*, y la *representa* de una manera más o menos precisa y detallada. Por tanto, la *ley física* no es verdadera ni falsa, sino *aproximada*, esto lo podemos constatar en la manera en cómo se elaboran las leyes:

Cómo se hacen las leyes en física: a un hecho dado no le corresponde un único juicio simbólico, sino una infinidad de juicios simbólicos diferentes, y el grado de indeterminación del símbolo es el grado de aproximación del experimento en cuestión. Consideremos una serie de hechos análogos; hallar la ley de estos hechos sería hallar una fórmula que contenga la representación simbólica de cada uno de estos hechos, la indeterminación del símbolo que corresponde a cada hecho provoca entonces la indeterminación de la fórmula que ha de reunir todos esos símbolos. A un mismo conjunto de hechos se le puede hacer corresponder una infinidad de fórmulas diferentes, una infinidad de leyes físicas distintas, y cada una de esas leyes para ser aceptada, debe hacer que a cada hecho le corresponda no el símbolo de ese hecho, sino uno cualquiera de los infinitos símbolos que pueden representar ese hecho. Esto es lo que se significa el que las *leyes físicas* no sean más que *aproximaciones*.

³⁰ *Ibid.*, p. 226.

³¹ Cabe mencionar que Duhem no conoció la *teoría de la relatividad universal*, ya que ésta fue formulada por el año 1915, y Duhem publica la *Teoría Física* hacia 1906, y muere en 1916. Esto nos hace pensar si Duhem cambiaría su concepción acerca del desarrollo de la ciencia física si hubiese conocido la síntesis de las doctrinas einsteinianas.

Las *teorías físicas* no son más que un medio para *clasificar* y *unir* entre sí las *leyes aproximadas* a que están sometidos los experimentos, por tanto, las teorías no pueden modificar la naturaleza de esas leyes experimentales, ni pueden otorgarles verdad ni falsedad absoluta.

Toda *ley física* es *provisional* y *relativa*. El grado de aproximación de un experimento aumenta en medida que los instrumentos se perfeccionan, que las causas de error se evitan con mayor rigor, y que las correcciones son más precisas; por tanto, a medida que los métodos experimentales progresan, disminuye la indeterminación del símbolo que el experimento hace corresponder al hecho concreto. A medida que disminuye la indeterminación de los resultados de un experimento, disminuye también la indeterminación de las *leyes* (fórmulas) que sirven para condensar esos resultados. Así, toda *ley física*, que es una ley aproximada, esta a merced de un progreso que, al aumentar la precisión de los experimentos, hará insuficiente el grado de aproximación que comporta, y es una ley esencialmente *provisional*. Además es *relativa*, porque la apreciación de su valor varía de un físico a otro. De este modo, puede ocurrir que una misma *ley física* sea aceptada y rechazada simultáneamente por el mismo físico en el transcurso del mismo trabajo. La característica de *provisional* de una *ley física* depende también de su carácter simbólico. Con frecuencia los símbolos a los que se refiere la *ley* ya no son capaces de *representar* la realidad de una manera satisfactoria. Las *leyes de la física* son *provisionales* porque los símbolos en los que se basan son demasiado simples para *representar* completamente la realidad, ya no *representan* exactamente los fenómenos; para evitar esto la *ley* debe ir acompañada de restricciones, las cuales se dan a conocer por los avances de la física; esto desempeña un papel fundamental en el desarrollo de la ciencia.³² Vemos que este carácter *provisional* que Duhem le adjudica a las *leyes*, tiene como problema de fondo el que no se dé una relación representacional adecuada. Pero, por otro lado, no podemos pedirle a la física que se maneje con *leyes* fijas y absolutas, ya que la experiencia se asemeja a un flujo cambiante, además que los avances en el instrumental que utilizan los físicos permiten que se descubran nuevas cosas y se desechen viejas. Por tanto, no podemos esperar que las *leyes físicas* nos proporcionen una *representación* fija, ya que si así fuese las leyes resultarían inútiles (no explicarían nada); como Ibarra menciona no existe y no existirá nunca una teoría sobre el mundo entero, que sea verdadera o empíricamente adecuada de manera absoluta, nosotros añadiríamos, sino que la teoría es empíricamente *aproximada*. Las *leyes físicas* deben ser entidades cambiantes, deben estar abiertas a nuevas posibilidades, a fenómenos que aún no son descubiertos. Este aspecto ya lo hemos tratado en el capítulo anterior, la característica

³² La física avanza porque la experiencia hace surgir constantemente discordancias entre las leyes y los hechos, y esto hace que los físicos modifiquen las leyes constantemente para que *representen* los hechos con más exactitud.

‘abierta’ de la *representación*. Otro aspecto que queremos señalar es que varias representaciones sirven para explicar el mismo fenómeno. Ibarra nos dice que es posible construir una *pluralidad de representaciones* que a veces compiten entre sí, o a veces se organizan dividiendo el trabajo para la explicación de fenómenos. Cuando se *representa* el mundo, se le sumerge en un espacio de posibilidades. Para quitar cualquier sesgo de relatividad a esto, la solución que se nos da en el *enfoque pragmático-representacional* de Ibarra-Mormann, es lo expuesto acerca del *espacio de estados*. El espacio de estados de un sistema no permite tan sólo la *representación* del estado de situaciones real del sistema y de los procesos también reales que experimenta, sino que, además, asevera algo acerca de los posibles estados de situaciones y procesos; esto significa establecer una cierta preferencia de posibilidades, algunos estados son más probables que otros. Esta idea intuitiva nos lleva a formular el *principio de extremalidad*; esto es, que para cada teoría concreta sus principios de extremalidad específicos determinan los estados y procesos que han de considerarse como los más posibles. De esta manera, podemos tener ya un método de *elección*, ya que Duhem no profundiza en este asunto.

3.2) SEGUNDO NIVEL REPRESENTACIONAL: LA ELECCIÓN DE LAS HIPÓTESIS FUNDAMENTALES

Ahora analizaremos la formación de las *hipótesis fundamentales* o mejor dicho, la *elección* de las *hipótesis*. Algo que determina este nivel representacional es la *elección* del físico, más adelante expondremos lo que caracteriza a esta *elección*. Habíamos dicho, acerca de esta operación, que los diferentes géneros de magnitudes, las *leyes físicas*, se conectan por medio de un reducido número de *proposiciones*, las cuales servirán como principios; a estos principios se les llama *hipótesis*, que vienen a ser los fundamentos sobre los cuales se construirá la teoría. Anteriormente dijimos que esta operación puede tomarse como la operación de *representación de otra representación*; esto debido a que la primera *representación* se realiza al hacer las leyes experimentales, y la segunda *representación* se hace cuando las *hipótesis* conectan dichas leyes. Recordemos cuando Ibarra nos hablaba de la complejidad y combinabilidad de la *representación*, según él muchas veces las *representaciones* son representaciones de otras *representaciones*, y no representaciones directas del sistema empírico. Del mismo modo, las *hipótesis fundamentales* son *representaciones* de las leyes experimentales, las cuales a su vez son *representaciones* de los datos que proporciona la observación.

Duhem nos dice que la lógica impone tres condiciones a la *elección* de *hipótesis*:

- *No contradicción entre sus términos.* La proposición de la *hipótesis* no contendrá términos que sean contradictorios dentro de la misma proposición; no deben enunciarse absurdos.
- *No contradicción con otra hipótesis de la misma teoría.* La teoría debe mantener celosamente la unidad lógica, sólo así la teoría podrá tender a su forma ideal de *clasificación natural*.
- *El conjunto de las hipótesis debe representar apropiadamente el conjunto de las leyes experimentales.* Las *hipótesis* serán elegidas de tal manera que, de su conjunto, la deducción matemática pueda extraer las consecuencias que *representen* apropiadamente el conjunto de las leyes experimentales. Lo que nos debe de interesar es la *semejanza*³³ existente entre el sistema entero de las representaciones teóricas y el sistema entero de los datos de la observación. Que la *representación* que es la teoría, represente de una manera suficientemente aproximada a la *representación* que son las leyes experimentales.

Una de las características que presentan las *hipótesis* es que son el resultado de la evolución progresiva de la ciencia; la *teoría física* no se crea repentinamente, el físico no inventa de la nada *hipótesis* nuevas, sino que tanto la teoría como las *hipótesis* son el resultado lento y progresivo de una evolución.³⁴

Otra característica que presentan las *hipótesis* es que su *elección* no depende del físico que las utiliza. La historia de la evolución gradual que ha dado lugar a un sistema de *hipótesis* nos resulta desconocida a muchos, pero esta historia se concentra en la mente del inventor que espera que su teoría tenga una forma acabada para darla a conocer. Lo que nos dice la evolución de la ciencia es que ésta teoría no ha sido concebida de entrada con esta forma acabada, sino que es resultado de múltiples perfeccionamientos y retoques, en los cuales la “libre” *elección* del inventor ha sido condicionada y guiada por una infinidad de circunstancias externas o internas. Esto lo asegura el que la *teoría física* sea precedida de una lenta preparación. La contemplación de un conjunto de leyes experimentales no basta para sugerir al físico qué *hipótesis* ha de elegir para dar una *representación teórica* de esas leyes; hace falta

³³ Recordemos que la noción de ‘semejanza’ juega un papel importante en la construcción de representaciones. Pero, como hemos aclarado, esta ‘semejanza’ no se reduce a la idea de ‘reflejo (como en un espejo), sino que la ‘semejanza’ está basada en la idea de *razonamiento subrogatorio*. Esto es, que la ‘semejanza’ consistirá en una preservación estructural.

³⁴ Para aclarar esto Duhem ofrece un extenso ejemplo acerca de la formulación de la *hipótesis* de la atracción universal, en donde da cuenta de la evolución de diversos campos de la física, cuya coronación será la *hipótesis* formulada por Newton. Ver Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p. 291-333.

además que los pensamientos que son habituales en las personas que comparten su actividad, y las tendencias que todos los estudios anteriores han impreso en su propia mente, le guíen y condicionen la libertad de elección que le proporcionan las reglas de la lógica.³⁵ Cuando el progreso de la ciencia condiciona nuestra *elección* de *hipótesis*, la teoría nace de una forma obligada, ya que todo el terreno ha sido preparado y fertilizado con anterioridad para que ésta crezca, debido a esto es común en física la simultaneidad de invención. De este modo, es la ciencia misma, que en su evolución, nos proporciona las *hipótesis*. Hasta que el físico ve con claridad la *hipótesis* recibida (no elegida), puede comenzar a combinar esta *hipótesis* con las que ya están aceptadas, sacar muchas y variadas consecuencias y compararlas cuidadosamente con las leyes experimentales. Esta actividad tiene que ser realizada con rapidez y exactitud, ya que depende del físico desarrollar esta idea y hacerla fructificar. Ahora bien, la comparación con lo experimental no puede llevarse a cabo con una *hipótesis* aislada, sino que, la comparación se hace entre el conjunto de leyes experimentales y el sistema entero de representaciones teóricas, es decir de *hipótesis fundamentales*.

Ahora veremos el papel que tiene el *método histórico* en esta operación constitutiva, de la *teoría física*. Si se quiere estar preparado para recibir una *hipótesis*, el único método legítimo, seguro y fecundo, es el *método histórico*. Dicho método consiste en trazar de nuevo las transformaciones en virtud de las cuales se ha incrementado la materia empírica, mientras se iba esbozando la forma teórica; describir la larga colaboración, gracias a la cual el sentido común y la lógica deductiva han analizado esta materia y modelado esta forma hasta adaptarse perfectamente la una a la otra. Para que las *hipótesis* puedan ser enseñadas, hace falta que su evolución se condense y se abrevie; esta condensación es fácil si se pasa por alto todo lo que es un hecho accidental, para dedicarse únicamente a los hechos históricos, a las únicas circunstancias en que la teoría se ha enriquecido con un principio nuevo o desaparecía una idea errónea. Pero esto no puede aplicarse a la física, ya que su enseñanza no puede ser pura y plenamente lógica. Por lo tanto, la única forma de unir los juicios formales de la teoría con la materia de los hechos que esos juicios *representan*, es justificando todas las *hipótesis fundamentales* a través de su *historia*; explicar la *historia* de un principio físico es, al mismo tiempo, hacer su análisis lógico. Al trazar la larga serie de errores y vacilaciones que han precedido al descubrimiento de cada principio, la *historia* previene al físico de falsas evidencias;

³⁵ Debido a que las únicas condiciones que se deben cumplir en la *elección* de *hipótesis* son las anteriormente citadas, esto da una gran libertad al teórico, ya que no nos dice qué *hipótesis* son elegibles sobre otras, sino que lo único que se nos impone es guardar la lógica de la teoría sin importar cuáles *hipótesis* utilicemos. En este punto podemos volver a aplicar el *principio* de *extremalidad*, de Ibarra y Mormann para saber qué *hipótesis* son elegibles sobre otras.

al exponer una tradición continua y citar las profecías que la teoría ha formulado y la experiencia ha realizado, la historia refuerza en el físico la convicción de que la *teoría física* es una clasificación cada vez más natural.

Por último, la ciencia física nace de dos fuentes: de la *certeza* y la *claridad*. La certeza pertenece al ámbito del sentido común, y la claridad al ámbito de la deducción matemática; la ciencia física es a la vez certeza y claridad. Para aclarar esto debemos diferenciar entre las nociones que le son propias al sentido común, y las que pertenecen a la teoría física, esto debido a que muchas veces se confunden³⁶. Duhem nos dice que muchas veces esta analogía resulta superficial, ya que se establece entre las palabras y no entre las ideas. Las leyes del sentido común son juicios que se refieren a las ideas generales, extremadamente complejas, que concebimos en nuestras observaciones diarias; en el ámbito de las leyes de la observación reina el sentido común, y éste, a través de nuestros medios naturales de percibir y de juzgar nuestras percepciones, decide lo que es verdadero y lo que es falso. En cambio, las *hipótesis* de la física son relaciones entre símbolos matemáticos (leyes experimentales) llevados al más alto grado de simplificación; las nociones que estudia la física, proporcionadas por nuestras percepciones, son confusas y complejas, y para poner orden en ellas, pide ayuda a las ciencias matemáticas, y lo único que le resta hacer es situarse ante la inmensa cantidad de leyes procedentes de la observación, leyes dotadas de una certeza que se constata inmediatamente, y trazar una *representación simbólica* de esas leyes, *representación* que ha de ser clara y ordenada, pero de la que no se puede decir si es verdadera o falsa. Por tanto, es imposible ignorar la enorme diferencia que hay entre estos dos ámbitos; pero entre uno y otro dominio se establece un continuo intercambio de proposiciones e ideas: la teoría pide a la observación que someta algunas consecuencias al control de los hechos; la observación pide a la teoría que modifique una *hipótesis* vieja o que enuncie una nueva. En esta correspondencia entre la teoría y la observación, la lógica matemática y el sentido común unen sus influencias y mezclan entre sí los procedimientos que les son propios. Y es este 'vaivén' entre teoría y observación, lo que le permite a la física unir la certeza de las constataciones del sentido común con la claridad de las deducciones matemáticas.

³⁶ Un ejemplo de confusión de nociones es el siguiente: Cuando digo: *necesito mucha 'energía' para acabar mi tesis*, la noción de 'energía', diría Duhem, se vulgariza, ya que el juicio que acabo de emitir es verdadero en el sentido común, pero el problema está cuando juicios como ese se trasladan en bloque a la noción de 'energía' en el sentido que la entiende la termodinámica. Por tanto, no es lo mismo que yo necesite 'energía', ánimo, para terminar mi tesis, a que necesite la "función de estado de un sistema cuyo diferencial total es, en cada modificación elemental, igual al exceso de trabajo externo sobre el calor desprendido". O que tenemos que realizar el experimento x aplicando 'ánimo' a un sistema de poleas.

Hasta aquí hemos visto que tanto las *leyes experimentales* como las *hipótesis fundamentales* son construcciones representacionales de la *teoría física*, pero lo que aún no hemos visto es de qué manera se tiene que dar la *relación representacional* entre hechos concretos y leyes experimentales, y entre leyes experimentales e hipótesis fundamentales. Este aspecto lo analizaremos en el siguiente apartado. Por otro lado, no hay que olvidar que el ‘vaivén’ entre el *dominio representado* (ya sea este, *hechos concretos*, *leyes experimentales* o *hipótesis fundamentales*) y el *dominio representante* se da de la manera en que lo exponíamos más arriba:

$$HP_{po} \rightarrow HT_{po} \rightarrow R(HT_{po}) \rightarrow HP_{po}^{37}$$

Recordemos que en el capítulo anterior hacíamos la aclaración de que la *relación representacional* no se daría entre un sistema relacional empírico y un sistema representacional numérico, sino que los niveles representacionales los tomaríamos como el *dominio representado* y el *dominio representante*. Esto porque, como hemos visto, el ‘vaivén’ nos obliga a hacer una especie de dialéctica, como la de Margenau, en la que el dominio representante será a su vez representado por el dominio representado y viceversa.

Por último queremos destacar el aspecto de la *significatividad* de las representaciones, esto es el significado de las *leyes experimentales* y de las *hipótesis fundamentales*. Vimos que el significado lleva en sí el componente de *intencionalidad*, y estos vienen dados por las teorías físicas, que son el medio por el cual el físico interpretará dichas representaciones.

Ahora pasaremos analizar la forma en que las *relaciones representacionales* entre *leyes experimentales* e *hipótesis fundamentales* sean lo suficientemente adecuadas. Recordemos que por adecuadas queremos decir es que la aplicación de la(s) teoría(s) de un *sistema representante* en otro *sistema representado*, nos posibilite utilizar el aparato teórico o conceptual del *sistema representante* como *instrumento de análisis* del *sistema representado*. Esto es, que haya una preservación estructural entre un sistema y otro.

³⁷ En donde *HP* simboliza los diversos *hechos prácticos*; *HT* simboliza el haz de *hechos teóricos* mediante los cuales nos *representamos* la diversidad de *hechos prácticos*; *R(HT)* es el resultado de la teoría, el cual se nos da en *hechos teóricos*; y, por último *HP* simboliza la *traducción* del resultado a *hechos prácticos*. El subíndice *po* nos dice que esos hechos no son únicos, sino que son todo un conjunto de hechos. Como hemos visto el subíndice *po* representa el que a un mismo hecho teórico pueden corresponderle una infinidad de hechos prácticos diferentes; y a un mismo hecho práctico pueden corresponderle una infinidad de hechos teóricos.

4) RAZONAMIENTO SUBROGATORIO Y CLASIFICACIÓN NATURAL

En este apartado es en donde exponemos una de las mayores aportaciones que Duhem hace en su *Teoría Física*, esta es, la noción de *clasificación natural*. Nuestro objetivo es ver cómo la *clasificación natural* de Duhem, es la realización del *razonamiento subrogatorio* de Ibarra y Mormann. Lo que haremos primero es explicar a la *teoría física* bajo la forma de *clasificación natural*; después expondremos una de las operaciones constitutivas de la *teoría física*, esta es, el *valor de una teoría física*.

4.1) LA TEORÍA FÍSICA COMO CLASIFICACIÓN NATURAL

La teoría además de ser una *representación* económica de las leyes experimentales, es también un *clasificador* de dichas leyes. La teoría al desarrollar las numerosas ramificaciones del razonamiento deductivo que une los principios, las hipótesis fundamentales, con las leyes experimentales, establece entre ellas un *orden* y una *clasificación*.

Duhem nos dice que la teoría tiende a convertirse en una *clasificación natural*, entendiendo a ésta como la forma ideal hacia la que debe tender la *teoría física*. Al hacer una *clasificación* lo que se maneja son abstracciones, recordemos el carácter simbólico de las leyes, la *clasificación* viene a ser el 'cuadro sinóptico' que resume las aproximaciones entre las abstracciones; es decir, describe las relaciones que hay entre estas abstracciones. Cuando la *clasificación* es *natural* los vínculos ideales establecidos entre conceptos abstractos corresponden a relaciones reales entre los seres concretos en los que se materializan dichas abstracciones. De este modo, las agrupaciones establecidas por la teoría corresponden a afinidades reales entre las cosas mismas. La *teoría física*, en tanto *clasificación natural*, presenta un orden lógico con el que clasifica las leyes experimentales, dicho orden puede verse como el 'reflejo' de un orden ontológico, ya que las relaciones que establece entre los datos de la observación corresponden a relaciones entre las cosas mismas; en palabras de Ibarra: "Duhem afirma que el orden conceptual de las teorías representa indirectamente el orden real de las

cosas”³⁸. Cuando Duhem toma a la *teoría física* como *clasificación natural*, justifica el que una teoría no pueda tomarse como una explicación hipotética de las leyes experimentales, y además nos muestra que las teorías no son sistemas artificiales, sino que devienen una *clasificación natural*.

Algo que nos revela el carácter *natural* de la *clasificación teórica* es cuando la teoría predice los resultados de una experiencia antes de que la experiencia ocurra. Como hemos visto, el desarrollo de una *teoría física* puede resumirse de la siguiente manera: los observadores establecen un conjunto de leyes experimentales, que el teórico condensará en las hipótesis que realice, de manera que cada una de las leyes esté correctamente representada por una consecuencia de dichas hipótesis; pero las consecuencias que se deducen de las hipótesis son ilimitadas. Luego, si reconocemos en la teoría una *clasificación natural*, las consecuencias de ésta preceden a la experiencia y provocan el descubrimiento de nuevas leyes; y cuando la experiencia confirma las previsiones de la teoría, se reafirma la convicción de que las relaciones establecidas por nuestra razón entre nociones abstractas corresponden realmente a relaciones entre las cosas.³⁹ En conclusión, una teoría física es una *representación condensada* de un amplio conjunto de leyes experimentales; la teoría *clasifica* estas leyes, dando así un carácter *práctico* para su utilización. La teoría al perfeccionarse adquiere el carácter de una *clasificación natural*, el cual se revela sobretodo en la fecundidad (valor de la teoría⁴⁰) de la teoría que adivina leyes experimentales aún no observadas y provoca su descubrimiento.

Para reforzar la idea de que la *teoría física* no es una explicación, si no que más bien se nos presenta en la forma de una *clasificación natural*, Duhem recurre a la propia historia de la física; en la manera en cómo evoluciona ésta ciencia podemos encontrar la naturaleza de las *teorías físicas*. Si se toma a la *teoría física* como explicación de la realidad, de las apariencias sensibles, nos damos cuenta que dicha teoría está compuesta por dos partes: la *representativa*, que se propone clasificar las leyes; y la *explicativa*, que se propone captar la realidad que hay

³⁸ Ibarra Andoni, «Teorías, clasificaciones y mapas», V Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España, UPV/EHU, 2006.

³⁹ Cabe señalar que el reflejo ontológico que nos da la clasificación natural, no es más que eso, un reflejo. En el mismo artículo («La física de un creyente» p. 396) Duhem nos dice que la teoría que haya alcanzado el estado de *clasificación natural*, será la teoría física perfecta, pero esta teoría no la poseemos ni la poseeremos nunca, ya que lo único que la humanidad tiene es una teoría imperfecta y provisional, que se encamina lentamente a esta forma ideal de *clasificación natural*. Recordemos el carácter “abierto” de las representaciones. Un ejemplo esquemático de la ‘actividad predictiva científica’ lo podemos encontrar en Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p. 34-37.

⁴⁰ Más adelante explicaremos en lo que consiste el valor de la teoría física.

detrás de los fenómenos.⁴¹ Lo bueno de la teoría lo encontramos en la parte *representativa*, ya que aquí reside el carácter de *clasificación natural*; y, por el contrario, todo lo que la teoría tiene de falso, lo que encontramos contradictorio en los hechos, se encuentra en la parte *explicativa*. De esta manera, cuando los avances de la física experimental exhiben las fallas de la teoría, cuando ésta se modifica y se transforma en una nueva teoría, lo que se conserva en su mayoría es la parte representativa y lo que se derrumba y se desecha es la parte explicativa. Esta continuidad en la *representación* es lo que le asegura a la ciencia su progreso.

Para apoyar esta tesis, Duhem pone de ejemplo las diversas teorías que en su evolución han dado lugar a la refracción de la luz:

- *Descartes*. Formuló la teoría que representa los fenómenos de la refracción simple. La teoría se basa en la constancia de la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción; clasifica las propiedades que presentan los cristales tallados de forma diversa y los instrumentos de óptica compuestos por estos cristales. Da cuenta de los fenómenos que acompañan la visión, analiza las leyes del arco iris, y además da una explicación de los efectos luminosos. Las *leyes* y la *teoría representativa* de Descartes fueron resultado exclusivamente de la *experiencia*, de la *inducción* y la *generalización*; jamás intentó relacionar la ley de la refracción con su teoría explicativa de la luz. Por tanto, entre la *explicación* cartesiana de los fenómenos luminosos y la *representación* cartesiana de las distintas leyes de la refracción no existe vínculo alguno, esto es, que no hay ninguna *relación representacional*, sino solamente una yuxtaposición.
- *Huygens*. Römer demuestra, al estudiar los eclipses de los satélites de Júpiter, que la luz se propaga en el espacio con una velocidad infinita y mensurable; de este modo la *explicación* cartesiana de los fenómenos luminosos se derrumba, pero la doctrina que *representa* y *clasifica* las leyes de la refracción queda intacta. Después, Bartholinus descubre la refracción del espato de Islandia; este cristal produce dos rayos refractados distintos, el rayo ordinario sigue la ley establecida por Descartes, el rayo extraordinario no. Huygens se propone formular una teoría que *represente* a la vez las leyes de la refracción simple (objeto de los trabajos de Descartes), y las leyes de la refracción doble, y lo logra a través de sus construcciones geométricas. Huygens encuentra los principios

⁴¹ Con esto no queremos decir que la parte explicativa nos dirá cómo son los fenómenos en sí, como hemos visto esto le corresponde a la metafísica. La parte explicativa surge cuando el físico pretende usar la teoría para captar las 'realidades ocultas'; en cambio, la parte representativa surge cuando el físico deja de lado la búsqueda de la explicación.

de su *clasificación* gracias a las comparaciones que hace entre la propagación del sonido y la propagación de la luz, a la constatación experimental de que uno de los rayos seguía la ley de Descartes mientras que el otro no, y gracias a la introducción de una nueva *hipótesis* acerca de la forma de la superficie de onda óptica en el interior de los cristales.⁴² De este modo se construye la teoría ondulatoria de Huygens.

- *Fresnel*. La teoría de la refracción formulada por Huygens no abarcaba todos los casos posibles, los cristales biaxiales quedaban fuera; Fresnel se propone abarcar esos casos. Con Fresnel la óptica ondulatoria sufre una profunda modificación: la vibración luminosa ya no está dirigida siguiendo el rayo, sino que es perpendicular a él; con esto desaparece la analogía entre el sonido y la luz. La doctrina de Fresnel pretende *clasificar* no sólo las leyes de la refracción simple y las leyes de la doble refracción uniaxial, sino también las leyes de la doble refracción biaxial; lo consigue a través de una intuición geométrica: observó que todas las superficies de onda que Huygens había considerado podían extraerse de una determinada superficie de segundo grado, que era una esfera para los medios unirrefringentes y un elipsoide de revolución para los medios birrefringentes uniaxiales, de este modo imaginó que aplicando la misma construcción a una elipsoide de tres ejes desiguales, se obtendría la superficie de onda correspondiente a los cristales biaxiales.

Con esto último podemos comprobar el carácter de *clasificación natural* que posee la teoría, debido a la fecundidad que presenta y por anticiparse a la experiencia. De este modo vemos también como lo que persevera de una teoría es su parte *representativa*, como ya hemos señalado, es en ésta parte en donde reside el carácter de *clasificación natural* de la teoría; además de observar como la *clasificación natural* le asegura a las doctrinas físicas la continuidad de una tradición. Lo anterior justifica el que se vea a la teoría física como una *representación condensada, simplificada y ordenada*, que agrupa las leyes según una *clasificación natural*; y que a la teoría no se le considere una explicación.

No hay que perder de vista la insistencia que Duhem tiene al exponernos en lo que consiste una *representación condensada*, y cómo ésta representación no se queda sólo en el plano abstracto de la conceptualización, sino que está impregnada de hechos concretos, de relaciones reales, que son salvadas por el carácter de *clasificación natural* que presenta la teoría.

⁴² La nueva hipótesis consistió en que para explicar las formas cristalinas, Huygens imaginó que el espato o el cristal de roca estaban formados por apilamientos regulares de moléculas esféricas.

4.2) EL VALOR DE LA TEORÍA FÍSICA

Ahora vamos a analizar en qué consiste el *valor* de una *teoría física*. Anteriormente dijimos que una teoría verdadera será aquella que *represente* de manera satisfactoria un conjunto de leyes experimentales, y, una teoría falsa será el conjunto de proposiciones que no encaje con las leyes experimentales; este “encaje” con lo experimental, con la experiencia, es el único criterio de verdad de una teoría física. Duhem expone los principios que deben regir la comparación entre el experimento y la teoría.

Una característica fundamental que presenta la *teoría física* es que en ella la matemática ha introducido sus representaciones simbólicas, esto provoca que el control experimental de la teoría sea complicado lógicamente. Además, a esta complejidad se le suma que el resultado de un experimento en física implica el conocimiento de todo un conjunto de teorías, como ya expusimos el experimento de física no puede ser realizado si se desconocen las teorías, sin ellas los instrumentos no tendrían sentido y no se podría interpretar lectura alguna. De la ‘carga teórica’ depende la *interpretación* de los fenómenos. Esto imposibilita disociar las teorías físicas de los procedimientos experimentales adecuados para controlar esas mismas teorías, de ahí que se tenga que analizar detalladamente su sentido lógico.

Al realizar un experimento el físico da cuenta de todo un conjunto de teorías, pero para poder apreciar el papel y alcance lógico que este experimento tiene hay que distinguir qué clase de experimento es. En física encontramos los *experimentos de aplicación*, en los cuales se saca provecho de las teorías que le son inherentes, pero éstos no reconocen si dichas teorías son o no exactas; como en todo experimento físico, los instrumentos que se utilizan legitiman a las teorías, y a través de ellos la ciencia puede ayudar a la práctica; no hay nada en ellos que vaya en contra de la lógica. Por otro lado tenemos los *experimentos de prueba*, a través de éstos la ciencia física se crea y se desarrolla; en estos experimentos el físico se propone demostrar la inexactitud de una proposición. El físico, para deducir de esta proposición la previsión de un fenómeno, para realizar el experimento que demuestra si ese fenómeno se produce o no, para interpretar los resultados de este experimento y constatar que el fenómeno previsto no se ha producido, no utiliza solamente la proposición sujeta a dudas, sino que utiliza todo un conjunto de teorías. Si el fenómeno no se produce, no es la proposición cuestionada la que falla, sino todos los fundamentos teóricos utilizados por el físico. Por tanto, lo que refuta el experimento de prueba no es una proposición aislada, sino todo el conjunto de teorías mediante las cuales se interpreta el resultado experimental; debido a que se condena todo el sistema teórico completo,

el experimento no nos dice en qué parte de este sistema se encuentra el error, es tarea del físico averiguar, a través del efecto producido en todo el sistema, qué parte o proposición debe ser corregida o modificada, sin que sea posible aislarla y examinarla aparte.⁴³ Así que otra característica que debemos tomar en cuenta para la constatación entre *teoría física* y *experiencia* es que un experimento de física nunca puede condenar una proposición aislada, sino todo un conjunto teórico.

Lo que define el *valor de la teoría física* es el *control* experimental.⁴⁴ *El control experimental de la teoría física consiste en comparar todo el sistema de la teoría física con todo el conjunto de leyes experimentales, y en juzgar si éste está representado por aquél de manera satisfactoria.*⁴⁵ La verificación de la teoría con la experiencia no constituye la base de ésta sino su coronación. Pero, la comparación con lo experimental no se lleva a cabo en cualquier teoría, dicha comparación sólo puede hacerse cuando la teoría ha alcanzado su desarrollo. Una teoría en desarrollo utiliza símbolos matemáticos, por medio de los cuales *representa* las distintas cualidades y cantidades del mundo físico, éstos vienen a ser los materiales con los que se construye la teoría; además, la teoría utiliza postulados generales, los cuales le sirven de principios, la única condición que deben cumplir estos postulados es que entre los términos que utilizan no exista contradicción y que un postulado no esté en contradicción con otro. Así una teoría, durante su desarrollo, puede elegir cualquier camino siempre y cuando evite la contradicción lógica; éste es el único requisito que se tiene que cuidar, la teoría es libre incluso

⁴³ Duhem hace la comparación entre el físico y el médico; la ciencia física es un sistema que hay que tomar entero, es un organismo. El médico no puede tomar al enfermo y diseccionarlo para examinar la alteración que afecta todo el cuerpo, de igual modo, el físico no puede aislar la proposición que afecta a todo el conjunto teórico.

⁴⁴ Duhem expone dos métodos erróneos por medio de los cuales se pretende asignar el valor de una teoría física. El primero consiste en la contradicción experimental, o en otras palabras reducción al absurdo; se quiere obtener una explicación teórica cierta de un grupo de fenómenos, se enumeran todas las hipótesis que se pueden hacer para dar cuenta de ese grupo de fenómenos, y después, por medio de la contradicción experimental se eliminan todas menos una, ésta deja de ser una hipótesis y se convierte en una certeza. La contradicción experimental no tiene la capacidad de transformar una hipótesis física en una verdad incontestable, ya que el físico nunca estará seguro de haber agotado todas las suposiciones imaginables.

Otro método es la demostración directa (método newtoniano), éste consiste en que la verdad de una proposición se establece por sí misma, y no por la refutación de la proposición contradictoria. Las hipótesis a partir de las cuales la teoría física desarrolla sus conclusiones deberían ser probadas una por una, y cada una de ellas sólo podría ser aceptada si es una ley que procede de la observación por medio únicamente de la inducción y la generalización; así ya no habría nada arbitrario o dudoso. Pero éste método tampoco sirve, ya que no se trata de tomar las leyes de manera aislada, sino de comparar los corolarios de todo un conjunto de hipótesis (teoría) con todo un conjunto de hechos. Además no hay que olvidar que toda ley física es simbólica y aproximada, por tanto los hechos de la experiencia no podrían servir para el razonamiento matemático que utiliza la teoría física si no han sido transformados y traducidos a símbolos; no hay ninguna ley experimental que pueda ser utilizada sin antes ser objeto de una interpretación que la convierta en una ley simbólica, y esto implica la adhesión a todo un conjunto de teorías. Además toda ley experimental es aproximada, lo que quiere decir que es susceptible de una infinidad de traducciones simbólicas distintas.

⁴⁵ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003, p.271.

de tener en cuenta los hechos experimentales. Ocurre algo muy diferente cuando la teoría ha alcanzado su desarrollo completo, cuando el edificio lógico ha quedado terminado. En este caso el conjunto de las proposiciones matemáticas tienen que ser comparadas con el conjunto de hechos experimentales; lo que nos va a asegurar que los hechos experimentales encuentren en la teoría una imagen precisa, una *representación adecuada*, son los procedimientos de medición adoptados. En esto consiste esta operación de construcción teórica, *la comparación entre las conclusiones de la teoría y los hechos experimentales es lo que le da a una teoría su valor físico*. Si no hay una *representación satisfactoria*, si no existe acuerdo entre las conclusiones y los hechos, puede que la teoría esté lógicamente bien construida, pero es físicamente falsa.

Ahora bien, no todas las *hipótesis* que utiliza la teoría pueden someterse a la comparación con lo experimental. Estas *hipótesis* que no pueden ser desmentidas por la experiencia presentan dos características: la primera, es porque éstas constituyen definiciones y algunas expresiones utilizadas por el físico sólo tienen sentido gracias a ellas; y la segunda, porque la operación que pretendiera compararlas con los hechos no tendrían ningún sentido. Pero de esto no se sigue que estas *hipótesis* estén fuera del *control experimental* (lo que le da valor a una teoría); tomadas aisladamente estas *hipótesis* no tienen ningún sentido experimental, sin embargo forman parte esencial de la construcción de la teoría, y, el objeto de la teoría es *representar* las leyes experimentales, por tanto son sistemas que están destinados a ser comparados con los hechos. De este modo, las *hipótesis* que por sí mismas no tienen ningún sentido físico sufren el *control experimental* de igual manera que las otras hipótesis; independientemente de la naturaleza de las hipótesis, éstas nunca pueden ser desmentidas aisladamente por la experiencia, debido a que la comparación con lo experimental afecta a todo un conjunto teórico completo. Puede ocurrir que al hacer esta comparación nos demos cuenta de que alguna de nuestras *representaciones* no se adecua bien a las realidades que debe representar, no sólo se viene abajo esta hipótesis aisladamente, sino que se derrumba todo el sistema teórico tomado en su conjunto; esto no nos dice cuál es la hipótesis que está fallando, sino que depende del sentido común del físico saberlo.

Lo que podemos concluir es que una *teoría física* es un conjunto de proposiciones matemáticas cuyas consecuencias han de *representar* los datos del experimento; el valor de dicha teoría se mide por el *grado de aproximación* que tiene el conjunto de las hipótesis con el conjunto de las leyes experimentales. La forma ideal de una *teoría física* es la forma de una *clasificación natural* de las leyes experimentales; la *teoría física* tiende a ordenar las leyes experimentales de una forma cada vez más parecida al orden trascendente, según el cual se clasifican las realidades.

Ahora lo que nos interesa saber es la manera en que el aspecto de *clasificación natural* de una teoría puede ser tomado como la realización del *razonamiento subrogatorio*. Primero recordemos en lo que consiste este tipo de razonamiento. El *razonamiento subrogatorio* caracteriza a las teorías científicas como *aplicaciones preservadoras de estructuras*, como hemos visto, la *relación de representación* requiere de la preservación de estructuras, ya que sólo de esta manera la *representación* puede reflejar la esencia de la cosa representada. También vimos que el *razonamiento subrogatorio* faculta la aplicación de la(s) teoría(s) de un sistema *B* (dominio de constructos simbólicos, o representación numérica de *A*) en otro sistema *A* (datos de la observación), para poder utilizar el aparato teórico o conceptual de *B* como *instrumento de análisis de A*. En el caso de la *Teoría Física* de Duhem, el nivel representacional de las *hipótesis fundamentales* (en conjunto) sirve como instrumento para analizar, clasificar, y ordenar el nivel representacional de las *leyes experimentales* (también en conjunto). Por último recordemos que sólo mediante la conceptualización del conocimiento según el mecanismo de *sustitución representacional* fundamentado en la *semejanza estructural*, puede reflejarse la esencia de la cosa, esto es que la *relación de representación* se da de manera adecuada. Y con esto podríamos pensar que la *clasificación natural* es plausible gracias a la realización del *razonamiento subrogatorio*, ya que lo que la *teoría física* ‘reflejará’ es el orden mismo de los fenómenos.

En conclusión, la *clasificación natural* lleva acabo el *razonamiento subrogatorio* al dar cuenta de las relaciones que se dan en la realidad. El proceso de constitución de la *teoría física* tiene como requisito la *preservación estructural*, aunque Duhem no lo diga de esa manera; lo que Duhem busca es que las *representaciones* representen de la manera más adecuada, aproximada, los objetos representados. La *preservación estructural* se lleva a cabo desde el comienzo del *proceso representacional* de la teoría. Recordemos que este proceso comienza con los ‘hechos concretos’, que son *representados* por las ‘leyes experimentales’; éstas a su vez son *representadas* por las ‘hipótesis fundamentales’. Luego, las ‘hipótesis fundamentales’ ofrecen ciertas consecuencias, las cuáles serán *representadas* en ‘leyes experimentales’, y finalmente, explicadas en ‘hechos concretos. Otro aspecto que no hay que pasar por alto es que, según el *enfoque pragmático representacional*, la realización del *razonamiento subrogatorio* implica las siguientes consecuencias: que las *representaciones* que lo lleven a cabo sean *representaciones significativas*; y que dichas *representaciones* están basadas en la *práctica científica* misma.

CONCLUSIONES

Recordemos que nuestro objetivo es mostrar que una de las prácticas científicas tiene como fin la constitución de representaciones; esto es, que el conocimiento científico es de naturaleza representacional. Durante el desarrollo del escrito, hemos visto que a una teoría científica, como la concepción sobre la ciencia física de Pierre Duhem, puede aplicársele una teoría representacional, como el enfoque de Andoni-Mormann, para su análisis. De este modo mostramos el carácter representacional del conocimiento científico, ya que al aplicar la teoría representacional de Ibarra y Mormann a la Teoría Física, pudimos extraer de ésta sus características representacionales. Recordemos que una teoría física es un conjunto de proposiciones matemáticas cuyas consecuencias han de *representar* los datos del experimento; el valor de dicha teoría se mide por el grado de aproximación que tiene el conjunto de las hipótesis con el conjunto de las leyes experimentales. La forma ideal de una teoría física es la forma de una clasificación natural de las leyes experimentales; la teoría física tiende a ordenar las leyes experimentales de una forma cada vez más parecida al orden trascendente, según el cual se clasifican las realidades.

Una de las características representacionales de la Teoría Física la encontramos en el desarrollo matemático de la teoría. Hemos expuesto que la Teoría Física es un sistema lógico de proposiciones, y, vimos también que el nivel representante del enfoque pragmático-representacional está constituido por representaciones matemáticas. Por tanto, ambos sistemas obedecen las reglas de la lógica. Esto no quiere decir que, tanto la Teoría Física como el enfoque pragmático-representacional, se queden en el ámbito puramente teórico, sino que, como hemos visto, el nivel representante lleva en sí la esencia del nivel representado, esto por la preservación estructural.

Otra de esas características representacionales es cuando se constituyen, en la Teoría Física, las leyes experimentales y las hipótesis fundamentales. Podemos decir que esta es una de las principales características que nos llevan a afirmar que el objetivo de las prácticas científicas es la construcción de representaciones. Vemos que ambos niveles representacionales presentan una de las propiedades especiales de la representación, esta es que las representaciones son sustitutos económicos del pensamiento. De este modo, un reducido número de leyes experimentales representa una gran cantidad de hechos concretos; y, una gran cantidad de leyes experimentales es representada por un reducido número de hipótesis fundamentales. El nivel representacional de las

leyes experimentales nos proporciona un orden y una clasificación de los hechos concretos; las leyes experimentales establecen las relaciones que se dan entre esos hechos. Del mismo modo, las hipótesis fundamentales nos proporcionan un orden y una clasificación de las leyes experimentales; éstas establecen las relaciones que se darán entre las leyes.

Una característica común, que encontramos en la construcción de ambos niveles representacionales (leyes e hipótesis), es la intencionalidad de la representación. Esta característica la encontramos cuando expusimos la manera en cómo se eligen las leyes y las hipótesis. Recordemos que el componente intencional está íntimamente relacionado con la significatividad de la representación, y, recordemos que el significado tanto de las leyes experimentales como el de las hipótesis fundamentales, viene dado por las teorías físicas; y éstas son el medio por el cual el físico interpretará dichas representaciones.

Por otro lado, como hemos visto, ambos sistemas (uno expresado en la obra de Pierre Duhem y otro formulado en el enfoque pragmático representacional de Ibarra-Mormann) coinciden en la realización del razonamiento subrogatorio. Tanto Ibarra y Mormann como Duhem, lo que persiguen es que se manifieste la esencia de la cosa en la representación; como hemos visto esto se logra mediante la preservación de estructuras. Hemos dicho que la clasificación natural lleva acabo el razonamiento subrogatorio al dar cuenta de las relaciones que se dan en la realidad. Sin embargo, recordemos que la teoría física difícilmente logrará llegar a ese estado ideal de clasificación natural, no se tiene una teoría física acabada, sino una teoría física en desarrollo. El fin al que tiende una teoría física es ser una clasificación natural, y no un simple sistema artificial. Creemos que Duhem al desarrollar la concepción de clasificación natural, de manera inadvertida establece una especie de razonamiento subrogatorio. Y recordemos que la función esencial de las representaciones, especialmente de las representaciones científicas, es establecer alguna forma de razonamiento subrogatorio; si es que las teorías científicas quieren explicar adecuadamente los fenómenos.

Por último, tanto la Teoría Física como el enfoque pragmático-representacional, llevan a cabo sus investigaciones tomando en cuenta a la práctica científica. Ibarra y Mormann, basan su enfoque en las prácticas científicas, y Duhem hace el análisis desde la práctica cotidiana de la ciencia.

Por las características anteriormente señaladas, nos damos cuenta de que los científicos, en sus prácticas, tienen como uno de sus objetivos principales la construcción de representaciones; no cualquier tipo de éstas, sino las que presenten las características arriba señaladas. De esta manera confirmamos el carácter representacional del conocimiento científico. Y con ello podemos afirmar que la representación no es un medio para acceder al conocimiento, sino que es un elemento constitutivo de éste.

Ahora bien, uno de los principales problemas que encontramos al tratar la naturaleza representacional del conocimiento en general, y del científico en particular, es que no hay un concepto de representación que sea único. Como hemos visto, existen muchas maneras de concebir a la representación. Esto constituye un problema ya que varias cosas se entienden por representación, desde la representación como reflejo, como en un espejo, hasta la representación compleja de Ibarra y Mormann; esto sólo por mencionar algunas. El problema es que hay muchos teóricos hablando de representación y de sus aplicaciones a los distintos campos de estudio, pero no hay un consenso de lo que debe entenderse por representación y los alcances y limitaciones que este concepto tiene. Durante el desarrollo del escrito no hemos podido enunciar una definición concisa de representación, es decir, no hemos podido ofrecer un concepto unificado de representación. Sin embargo, sí hemos mostrado algunas de las características principales que ésta presenta. Con esto no queremos decir que necesitemos un concepto fijo de representación, ya que, como hemos visto, una de las características que deben cumplir las representaciones científicas es que deben de ser abiertas, esto debido a que la ciencia está en constante desarrollo, cambia constantemente. Vimos cómo es que dependiendo del marco teórico que tengamos será la significación de las representaciones; por otro lado, el significado de las representaciones está sujeto también a los cambios tecnológicos, recordemos cuando exponíamos el apartado del experimento en física, como gran parte del resultado dependía de la finura de los instrumentos. De ahí que no pueda establecerse una base representacional fija; sea cual sea el concepto unificado de representación que se llegase a dar, no tiene que pasar por alto este carácter abierto.

Por otra parte, una limitación que el enfoque pragmático-representacional de Ibarra y Mormann presenta es que se limita a tratar con representaciones matemáticas o formales. No todas las representaciones científicas son representaciones matemáticas, en muchos dominios científicos

las representaciones no cuantificables juegan un papel importante. Ejemplo de esto lo encontramos en la ciencia química; supongamos que al realizar un experimento en química lo que le dará sentido a nuestros resultados son las representaciones visuales: tenemos un compuesto al que agregaremos un reactivo, nuestro resultado dependerá del color que adquiera nuestro compuesto al agregarle el reactivo; de ahí que las representaciones visuales jueguen un papel importante en el desarrollo de nuestras investigaciones. Recordemos que la teoría representacional debe poder aplicarse a todas las ciencias, y no sólo a las ciencias matematizadas, como la física. Nuestro propósito es generalizar el concepto de representación, ya que como hemos afirmado ésta es un elemento constitutivo del conocimiento. El problema principal radica en que este tipo de representaciones no cuantificables no pueden ser reducidas a los conceptos de representaciones matemáticas, esto es, que no son representaciones reducibles a relaciones matemáticas como las de isomorfismo u homomorfismo. Recordemos que el enfoque pragmático-representacional basa la preservación estructural en estas relaciones. Ibarra mismo nos dice:

...este tipo de representaciones explicitan que la función de las representaciones no consiste sólo en ofrecer copias o estructuras semejantes de algo por determinadas relaciones matemáticas, sino más bien en procurar un rendimiento heurístico en el proceso de producción de conocimiento (científico), mediante la dialéctica de inducción y reducción de complejidad...¹

Por tanto, creemos que la relación representacional tiene que estar basada en una relación que sea capaz de encerrar todo tipo de representaciones; pero volvemos al problema principal, al no tener un concepto bien determinado de representación no podemos establecer un tipo de relación única que sustente la preservación estructural. El problema está en encontrar la manera de poder fundamentar el razonamiento subrogatorio de la actividad representacional, en relaciones que puedan implicar tanto representaciones matemáticas, como representaciones no cuantificables que no pueden ser sometidas a relaciones representacionales basadas en nociones como las de homomorfismo e isomorfismo.

Otro problema que encontramos es cuando queremos fijar los dos 'polos' de la relación representacional, esto es, cuando queremos fijar el dominio representante y el dominio representado. Recordemos que a lo largo del escrito estos dominios han sido ocupados por distintos campos, por ejemplo, en el enfoque estándar del positivismo lógico el dominio representado estaba

¹ Ibarra Andoni, «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p.27.

ocupado por lo observacional y el dominio representante estaba ocupado por el lenguaje teórico; por otra parte en el enfoque contextualista de Margenau el dominio de datos pertenecía al dominio representado y el dominio de los constructos simbólicos pertenecía al ámbito representante. Esto nos hace pensar en una relatividad de ambos 'polos'. Recordemos que nosotros sustituimos observación y teoría, datos y constructos, simplemente por dominio representante y dominio representado. También vimos cómo al querer definir alguno de los dos dominios o se caía en un idealismo o en un realismo. Una posible solución a este problema es la planteada por Ibarra y Mormann, recordemos que la representación representa algo sobre algo, de ahí que la relación representacional se haya tomado de la siguiente forma: $D \rightarrow C$. La imagen de los dos niveles, representado y representante, presenta una imagen idealizada de la ciencia. Ibarra y Mormann, para solucionar este problema, introducen un tercer nivel entre D y C , el nivel P de los fenómenos. De este modo la aplicación representacional se expresaría de la siguiente manera:

$$D \rightarrow P \times P \rightarrow C$$

En donde $P \times P$ es la combinación de los fenómenos conformadores de datos brutos; esos fenómenos no son representaciones explicativas, como lo es C , sino que son necesarios para lograr representaciones explicativas como C . De este modo es como Ibarra y Mormann pretenden resolver la relatividad de los niveles representacionales.

Por último, ya hemos expuesto los problemas que acarrea el que no haya un concepto único y general de representación. Sin embargo, Andoni Ibarra, en su artículo <<Representación(es)>> trata de ofrecernos un concepto generalizado de representación. Aquí sólo expondremos a grandes rasgos en lo que consiste el concepto diagramático generalizado de la representación.²

Según Ibarra, para dar cuenta de la complejidad representacional³ se requiere de un instrumento más flexible que el lenguaje teórico-conjuntista, este es, la teoría de las categorías. Ahora el sistema representacional dentro del cual se dé una representación constituirá una categoría. Las categorías constan de dos elementos: una colección de objetos, denominados fuentes y metas; y un conjunto

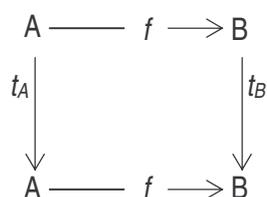
² Para ver la exposición completa de el concepto diagramático de representación ver: Ibarra Andoni, <<Representación(es)>>, *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003, p.33-40.

³ Recordemos que en el segundo capítulo, cuando desarrollábamos el criterio general de la significatividad, exponíamos el carácter combinatorio y complejo de las representaciones. Decíamos que las representaciones se dan siempre dentro de sistemas representacionales, no las encontramos como elementos aislados.

de morfismos o flechas, que serán las relaciones entre dichos objetos. Estos morfismos cumplen especialmente la ley de asociatividad en sus combinaciones. Ejemplo:

Tenemos las representaciones $f: A \rightarrow B$, $g: B \rightarrow C$, estas representaciones pueden combinarse como $g \circ f: A \rightarrow C$; dicha combinación es asociativa, esto es, que las representaciones f, g, h cumplen que $f \circ (g \circ h) = (f \circ g) \circ h$. Esto permite caracterizar la clase de representaciones como una categoría.

Ahora bien, recordemos que la función esencial de las representaciones es establecer algún tipo de razonamiento subrogatorio, esto es, que haya un tipo de simetría entre el representante y lo representado. Ibarra se basa en el diagrama que Hertz utiliza para describir este tipo de simetría dentro de la actividad científica. Según Hertz, dicha actividad consiste en la búsqueda de cierta simetría entre dos tipos de consecuencias o procesos: las intelectualmente necesarias y las naturalmente necesarias. Algo que nos asegura que esta simetría entre naturaleza e intelecto es posible, es cuando, en la ciencia, los experimentos predicen fenómenos. Duhem nos habla también de este carácter predictivo del experimento científico. A continuación exponemos el diagrama de Hertz:



Aquí la parte izquierda del diagrama describe un proceso empírico, y la parte derecha representa la construcción 'intelectual' del mismo. En general, t_A se interpreta como una representación empírica, t_B como una representación teórica. Este diagrama expresa el formato general de un experimento empírico teóricamente controlado. Es una generalización de los conceptos elementales de la representación matemática, ya que la condición de preservación estructural requiere una clase cerrada tanto de las prácticas empíricas como de las representaciones teóricas.

Sin embargo, como vimos en el tercer capítulo, esto no puede aseverarse de manera absoluta, ya que recordemos que nosotros llegábamos a la conclusión de que a un mismo hecho teórico pueden corresponderle una infinidad de hechos práctico y a un mismo hecho práctico pueden corresponderle una infinidad de hechos teóricos diferentes. De ahí el carácter 'abierto' que deben tener las representaciones. Por tanto, las representaciones ya no deben interpretarse bajo la forma $f: A \rightarrow B$, sino como $f: A \rightarrow PotB$, entonces el diagrama quedaría de la siguiente manera:

$$\begin{array}{ccc}
 A & \xrightarrow{f} & B(Pot) \\
 t_A \downarrow & & \downarrow t_{PotB} \\
 A & \xrightarrow{f} & B(Pot)
 \end{array}$$

En donde t_{PotB} es inducido por una representación t_B . Pero esta interpretación del diagrama de Hertz sólo nos ofrece un concepto acerca de la representación de procesos, pero lo que se busca es la generalización de la condición de algún tipo de razonamiento subrogatorio, aunque el diagrama podría servir para ello resulta insuficiente. Recordemos cuando Ibarra y Mormann introducían el tercer nivel representacional P , de este modo podemos tomar a A y B como relaciones del tipo $AxAxA\dots xA$ y $BxBxB\dots xB$, las relaciones preservadas son del tipo $AxA\dots xA \rightarrow fxfx\dots xf \rightarrow BxBxB\dots xB$. Ya hemos dicho que lo que se busca es que la preservación estructural se dé tanto en representaciones matemáticas como en representaciones visuales y materiales. De este modo la aplicación representacional $f: A \rightarrow B$ es una relación que preserva las estructuras si y sólo si se verifica salvo inclusión la conmutatividad del diagrama:

$$\begin{array}{ccc}
 Ax A & \xrightarrow{fxf} & Bx B \\
 \rho_A \downarrow & & \downarrow \rho_B \\
 (0,1) & \xrightarrow{id} & (0,1)
 \end{array}$$

De esta manera, la condición de preservación estructural se interpreta en el concepto diagramático generalizado de representación como verificación de la conmutatividad de un diagrama. Este diagrama ya es un diagrama de relaciones. El concepto diagramático de representación faculta un lenguaje común para expresar tanto la representación de procesos como la de relaciones o propiedades.

De este modo, Ibarra propone el siguiente diagrama conmutativo, en el que se expresa la condición matemática de preservación estructural:

$$\begin{array}{ccc}
 A & \xrightarrow{f} & C(B) \\
 t_A \downarrow & & \downarrow t_{CB} \\
 D(A) & \xrightarrow{f} & C(D(B))
 \end{array}$$

Dicho diagrama es el formato más sencillo de un concepto general de representación. El diagrama verifica la conmutatividad respecto a los dos niveles, el de los operadores experimentales y el de los derivados adecuados de ambos niveles. El diagrama leído verticalmente se interpreta como una representación de $A \rightarrow t(A)$ por $B \rightarrow t(B)$, por la cual, una representación empírica se representa por otra teórica. Leído horizontalmente, el diagrama expresa la representación de una relación entre los objetos A,B por una relación entre las imágenes $t(A)$ y $t(B)$, esto es la representación de $A \rightarrow B$ por $t(A) \rightarrow t(B)$. En términos de la teoría de categorías $D(A)$ y $D(B)$ son las construcciones universales de A y B , y éstas son los límites sobre los diagramas en los que aparecen A y B .

En conclusión, el concepto de representación aún no ha quedado delimitado, por tanto es tarea tanto de los filósofos como de los científicos, buscar las características generales que este concepto presenta, ya que sólo así puede llegarse a un consenso de este elemento que es parte esencial en el proceso de conocimiento, tanto científico como no científico.

Algo que sí nos queda claro es el papel fundamental que tiene la representación en la ciencia. Lo único que nos resta decir es que los grandes avances que los sistemas analizados aportan para una generalización del concepto de representación, es la noción de clasificación natural y el concepto de razonamiento subrogatorio. Creemos que el camino para poder constituir un concepto representacional preciso va por esta vía, ya que estos elementos son constitutivos de las representaciones sea cual sea su naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- ❖ Breger H., *Tacit Knowledge in Mathematical Theory*, en J. Echeverría et al. (eds.), 1992.
- ❖ Carnap Rudolf, *La construcción lógica del mundo*, Universidad Nacional Autónoma de México, México 1988.
- ❖ *Testability and meaning*,
- ❖ Cassirer Ernst, *Filosofía de las formas simbólicas III*, Fondo de Cultura Económica, México 1976.
- ❖ Cassirer Ernst, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Über die Grundlagen der Erkenntniskritik*, Darmstadt Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1980.
- ❖ *Diccionario soviético de filosofía*, ed. Pueblos Unidos, Montevideo 1965.
- ❖ Duhem Pierre M. M., *La teoría física: su objeto y su estructura*, ed. Herder, Barcelona, 2003.
- ❖ Falguera José L., «Sobre la base empírica del conocimiento científico», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003.
- ❖ Giere R. N., «Philosophy of Science Naturalized», *Philosophy of Science*, 52, 1985.
- ❖ Hacking Ian, *Representar e intervenir*, Paidós Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Filosóficas, México, 1996.
- ❖ Ibarra Andoni, «La naturaleza vicarial de las representaciones», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000.
- ❖ «Representación(es)», *Representación y ciencia*, Mario Casanueva y José Alberto Benítez (coordinadores), UAM, México, 2003.
- ❖ «Teorías, clasificaciones y mapas», *V Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia en España*, UPV/EHU, 2006.
- ❖ Ibarra Andoni, Thomas Mormann, *Representaciones en la Ciencia*, Ediciones del Bronce, 1997.
- ❖ Margenau H., «Methodology of Modern Physics», *Philosophy of Science*.
- ❖ Mormann Thomas, «El concepto de representación en la tradición neokantiana: de Helmholtz a Cassirer», *Variedades de la representación en la ciencia y la filosofía*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000.
- ❖ Moulines Ulises C., *La estructura del mundo sensible (sistemas fenomenalistas)*, Colección Zeten, ed. Ariel. España 1973.

- ❖ Pérez Ransanz A. R., «La concepción semántica de las teorías y el debate sobre el realismo científico», *Varietades de la representació en la ciència y la filosofia*, Andoni Ibarra y Thomas Mormann (editores), Ariel, Barcelona, 2000.
- ❖ Van Fraassen Bas C., *La imagen científica*, ed. Paidós, México 1996.
- ❖ <http://es.wikipedia.org>

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- ❖ Acero, Juan José: *Filosofía y análisis del lenguaje*, Madrid, Cincel, 1990.
- ❖ Achinstein Meter, «Los modelos teóricos», Seminario de problemas científicos y filosóficos, Suplementos III/8, Universidad Nacional Autónoma de México, México 1987.
- ❖ Ayer, A.J., - *Language, Truth and Logic*, ed. London, New York 1936.
- ❖ - *El positivismo lógico*, fragmentos, F. C. E., México, 1965.
- ❖ - *Filosofía del siglo XX*, Crítica, Barcelona 1983.
- ❖ Brachman and Levesque (eds.); *Readings in Knowledge Representation*, Morgan Kaufmann, 1988.
- ❖ Carnap Rudolf, - *Introductions to semantics*. Cambridge, Mass, 1942.
- ❖ - *Foundations of logic and mathematics*, International encyclopedia of unified science. Chicago, 1939.
- ❖ - *Fundamentación lógica de la física*, Madrid, Orbis Hyspamérica, 1985.
- ❖ Coffa, A., *The semantic Tradition from Kant to Carnap*. Ed. Linda Wessels, N.Y. Cambridge University Press, 1991.
- ❖ Creath, R., *Dear Carnap, Dear Van: The Quine-Carnap Correspondence and Related Work*, Berkeley, University of California Press, 1990.
- ❖ Garrido, M., *Lógica Simbólica*, Editorial Tecnos, S.A. 6ta. Reimpresión, 1983.
- ❖ Hacking Ian, *How does lenguaje matter to philosophy*, Cambridge University, 1975.

- ❖ - *Scientific Revolutions*, Oxford University, Oxford, 1981.
- ❖ Katz, J., Analiticity, <<Necessity and The Epistemology of Semantics>>, en *Philosophical and Phenomenological Research*, Vol. LVII, No.1, Marzo, 1997.
- ❖ Lorenzano, P., *El problema de la teoriedad en la filosofía de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1986.
- ❖ Margenau Henry, *The nature of physical reality, a philosophy of modern physica*, ed. Ox Bow Press, Woodbridge, Connecticut, 1977.
- ❖ McKinssey J.C.C., Sugar A. C. y Suppes Patrick, <<Fundamentos axiomáticos para la mecánica de partículas clásica>>, *Lecturas Filosóficas I*, Escuela de Filosofía Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México, 1978.
- ❖ Mormann, Thomas, <<Synthetic Geometry and Aufbau>>, in Th. Bonk (ed.) *Language, Truth, and Logic*. Contributions to the Philosophy of Rudolf Carnap, Vienna Circle Institute Library, Dordrecht, Kluwer.
- ❖ - <<The Constitution of Spacetime in Carnap's Aufbau>>, *The Philosophy of Rudolf Carnap*, in C. Klein, St. Awoday (eds.), La Salle/Chicago, Open Court.
- ❖ Mormann, Thomas and Ibarra Andoni, <<Hubo un enfoque CTS en el empirismo lógico del Círculo de Viena?>>, *Ciencia, Técnica y sociedad: desafíos y tensiones actuales*, en Ibarra, J. A. López Cerezo (eds.), Madrid, Biblioteca Nueva, 2001.
- ❖ Morris Ch., *Fundamentos de la teoría de los signos*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1958.
- ❖ Moulines Ulises, *Exploraciones Metacientíficas. Estructura, desarrollo y contenido de las ciencias*, Alianza Universitaria, Madrid, 1982.
- ❖ - *La Ciencia: Estructura y Desarrollo*, Editorial Trotta, Madrid, 1993.
- ❖ Moulines Ulises y Joseph D. Sneed, <<La filosofía de la física de Suppes>>, *Lecturas filosóficas 6*, Escuela de Filosofía Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, México, 1980.

- ❖ M. Genesereth, N. Nilsson, *Logical Foundations of Artificial Intelligence*, Morgan Kaufmann, 1987.
- ❖ Nubiola Jaime, *La renovación pragmatista de la filosofía analítica*, 2a. ed., Pamplona, Eunsa, 1996.
- ❖ Poincaré Henri, *Filosofía de la ciencia*, primera ed., Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D.F. 1981.
- ❖ *Principles of knowledge representation and reasoning*. Proceeding of the Seventh International Conference LR 2000. Breckeridge Colorado, USA, ed. By Anthony G. Cohn, Fausto Giunchiglia, Bart Selman. Morgan Kaufman publishers. San Francisco California, 2000.
- ❖ Quine, Willard Van Orman, <<Two Dogmas of empiricism>>, *From a Logical point of view*, Logico-Philosophical essays, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1953.
- ❖ Salmon, W.C., Wolters G. (eds.), *Logic, Language, and the Structure of Scientific Theories. Proceedings of the Carnap-Reichenbach Centennial*. Pittsburgh Pa/Konstanz, 1994.
- ❖ Selvaggi S.I. Filippo, *Filosofia delle Scienze*, edizioni della civiltá cattolica, Roma 1956.
- ❖ Suppes Patrick C., *Representation and invariante of scientific structures*, Stanford, California, 2002.
- ❖ - *Philosophy of physics, theory structure and measurement theory*, ed. Paul Humphreys, Kluwer Academic, 1994.
- ❖ - *Models and Methods in the philosophy of science*, selected essays, Kluwer Academic, 1996.
- ❖ - *The Structure of Scientific Theories*, Urbana and Chicago: University of Illinois Press, 2nd edition, 1977. Traducción castellana de la 1ª edición: *La estructura de las teorías científicas*, Madrid: Editora Nacional, 1979.
- ❖ Van Fraassen Bas C, *Laws and symmetry*, Oxford, Clarendon 1989.