



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ACATLÁN**

**LA OBJETIVIDAD DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO  
GARANTIZADA A PARTIR DE LA LÓGICA Y  
MATEMÁTICA PROPIAS A LA TEORÍA CIENTÍFICA**

**TESIS**

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

**PRESENTA**

**CORDERO PÉREZ ANA CECILIA**

**ASESORA: MAESTRA, MARÍA ESPERANZA  
RODRÍGUEZ ZARAGOZA**

**30 DE MARZO 2016**

**SANTA CRUZ ACATLÁN, NAUCALPAN, EDO. DE MÉX.**



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 usted lector, si en algún momento le interesa la presente investigación.

Gracias a los integrantes del **Seminario permanente de investigación en filosofía de la lógica** y al **PAPIME PE400211: Estrategias y herramientas para la formación de estudiantes de lógica desde una perspectiva filosófica** quienes siguieron el comienzo y progreso de esta investigación.

Especial agradecimiento a la **Mtra. María Esperanza Rodríguez Zaragoza**, por asesorarme en esta etapa, por su valioso tiempo, paciencia, enseñanzas y consejos, por llegar a ser un ejemplo a seguir.

### **A mi familia:**

Priscila Pérez Martínez, Pedro Cordero Méndez y Pedro Antonio Cordero Pérez y Jimena Abigail Cordero Hernández.

Gracias mamá y papá, por su infinito apoyo y motivación, por la educación brindada, por hacer de mí una mejor persona, por enseñarme a no darme por vencida ¡Por soportarme!

Hermano, por toda la vida compartida.

Jimenita, por alegrarnos el corazón con tu ser.

Gracias familia, por formar necesariamente parte de mí.

### **A mis amigos, por estar siempre:**

Marlene Eugenio Monroy, por toda la confianza y cariño, por las pláticas, por cada momento que hemos compartido. Gracias por tu valiosa amistad y bella persona.

Víctor Fabián Nava Salazar, Fari, gracias por tu grandiosa amistad, por escucharme, por tu comprensión, por compartir los días de fiesta y los malos momentos, por aconsejarme, por tus palabras.

Gaby, Erendida, Karen, Yazmín, Miguel Ángel, Érica, Monse, Thalía, Adrián, Rubén, Jezareel, Gerardo, Fernando, Yahir... Gracias a todos por los gratos

momentos, por sus personalidades, porque hicieron que disfrutara cada día dentro y fuera de la escuela.

Óscar Sánchez Sotelo, por cada experiencia, por el tiempo y cariño compartidos, por haber estado al pendiente de mí.

Entusiasmada de compartir contigo un pequeño avance en mi vida.

**A todos mis profesores y sinodales de la UNAM**, FES Acatlán, gracias porque con sus clases cultivaron en mí el gusto por seguir aprendiendo, estudiando y el gusto por la docencia. En especial, Profesor Francisco García Olvera (Panchito), Esperanza Rodríguez Zaragoza, Gabriel Ramos, Larry, Paola Chapa, Román Alejandro Chávez Báez, Alberto Luis, Ricardo Granados, Gerardo Valero...

¡A cada uno, por su presencia, muchas gracias!

## ÍNDICE

	Página
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1- 10</b>
 <b>CAPÍTULO I) FORMULACIÓN DE LA TEORÍA CIENTÍFICA. DE LO EMPÍRICO AL CONSTRUCTO SIMBÓLICO</b>	
1) Noción de conocimiento: sentido común y conocimiento científico.....	11 - 13
1.1) Distinción entre observación cotidiana y observación científica.....	13-16
1.2) Obtención de datos en el fenómeno: de lo empírico a lo teórico.....	16 - 22
1.3) Construcción de la teoría científica.....	22 - 23
1.3.1) Formulación de la ley científica: primer nivel representacional.....	24 - 27
1.3.2) Diferencia entre ley del sentido común y ley científica.....	27 - 33
1.3.3) Formulación de la hipótesis: segundo nivel representacional.....	33 - 36
 <b>CAPÍTULO II) LA MATEMATIZACIÓN Y VALORACIÓN DE UNA TEORÍA CIENTÍFICA. ....</b>	
<b>2.1) El experimento científico.....</b>	<b>40 - 49</b>
2.2) El papel de la medición en la corroboración de la teoría científica.....	49 - 52
2.3) Materialización de la teoría científica: el instrumento científico.....	52 - 58
2.4) Predicción en la corroboración de la teoría científica y Consecuencia lógica.....	58 - 64
2.5) Análisis del cometa Halley.....	64 - 73
 <b>CAPÍTULO III) OBJETIVIDAD DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.....</b>	
3.1) Noción de razonamiento subrogatorio en relación con los constructos	74 - 77

simbólicos del conocimiento científico.....	77 - 82
3.2) Justificación lógica y matemátización de la teoría científica como realización del razonamiento subrogatorio.....	82 - 86
3.2.1) Realización del razonamiento subrogatorio: en las leyes científicas.....	86 - 88
3.2.2) Realización del razonamiento subrogatorio: de las hipótesis científicas a la teoría científica.....	88 - 93
3.2.3) Corroboración del razonamiento subrogatorio en la teoría científica.....	93- 95
3.3) Carga teórica e interpretación.....	95 - 99
3.4) Convencionalismo en el conocimiento científico.....	99 - 102
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>102 - 106</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106 - 107</b>

# **LA OBJETIVIDAD DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO GARANTIZADA A PARTIR DE LA LÓGICA Y MATEMÁTICA PROPIAS A LA TEORÍA CIENTÍFICA**

## **INTRODUCCIÓN**

Dentro de la disciplina filosófica encontramos que parte de su estudio compete a la filosofía de la ciencia y a la epistemología. Algo que se indaga en filosofía de la ciencia es lo referente al conocimiento científico, es decir, se cuestiona cómo es el conocimiento adquirido en ciencia. Uno de los motivos por el cual resulta interesante esta cuestión es que el conocimiento científico ha continuado progresando, es decir, notamos que sus avances sobre el conocimiento de lo que acontece en la naturaleza o de los fenómenos funcionan como explicación de éstos. Ello da la pauta para pensar e investigar, en parte, cómo es el conocimiento científico. Cuestión que puede estar en relación con el aspecto epistemológico si pensamos que uno de los intereses en este ámbito es el cómo conocemos. Sin embargo, la investigación se limitará sólo al conocimiento científico, de modo que ésta cuestión se aborda a partir de la construcción de las teorías científicas.

Algunos rasgos del conocimiento científico, es que parece ser confiable, en tanto que las teorías son evaluadas por los científicos y al tratarse de una comprobación universal, confiamos en que la teoría es correcta. Por ello también parece ser un conocimiento objetivo y universal, lo que quiere decir que se trata de un conocimiento que no depende de las distintas concepciones de cada sujeto, esto se ve reflejado en sus teorías, pues éstas corresponden con el fenómeno que se pretende conocer y no con el sujeto o los sujetos, es decir funcionan independientemente de los sujetos que construyen las teorías científicas.

De estos rasgos mencionados de manera general como característica de la ciencia, me voy a centrar únicamente en la objetividad de ésta. Y para investigar sobre ello, hay que considerar a las teorías científicas, pues es a partir de éstas que se explica y comprende el fenómeno. Con la teoría científica

se descubre el comportamiento del fenómeno, en este sentido, la formulación de la teoría es el modo en que el científico se acerca a conocer el fenómeno.

Debido a que se pretende investigar específicamente si es posible la objetividad del conocimiento científico, hemos de analizar primeramente cómo es el conocimiento científico, es decir las características generales de este conocimiento.

Después, como ya se anticipó, considerar el proceso por el cual se construye la teoría científica. Este punto nos interesa porque a través de este análisis se ubican los elementos específicos que caracterizan a este conocimiento. Identificando estos elementos propios de las teorías científicas, se intenta ver cómo se construye esta objetividad. Dos de los elementos principales para la construcción de la objetividad científica que se ubicaran en este punto, es la matemátización del fenómeno y el aspecto lógico.

La objetividad, suele ser la prioridad en el ámbito científico en tanto que se pretende dar una explicación independiente del sujeto en donde lo que ha de permanecer es sólo el objeto empírico o fenómeno. Nos interesa el asunto de la objetividad en el conocimiento científico porque si logramos ver que esto es posible, es decir analizar el fenómeno desde sí mismo, entonces podríamos pensar que hay algo dentro de la estructura teórica que en verdad corresponde con el fenómeno o mejor dicho con la estructura del fenómeno. En filosofía de la ciencia corresponde analizar este conocimiento, su validez y ver de qué modo es objetivo, ya que se quiere conocer cómo estudiar al fenómeno en sí mismo y no a partir del sujeto.

Ante la objetividad, se suele objetar que en realidad sólo está determinada por los científicos y que son éstos quienes deciden lo que es objetivo y lo que no es objetivo, de modo que la objetividad se trata como un consenso entre la comunidad científica. Siendo esto así, la objetividad pierde el sentido de ser un conocimiento independiente del sujeto, en otras palabras la objetividad al final se reduce a lo subjetivo, a la decisión del sujeto científico.

Con esta investigación se quiere mostrar que la objetividad no se reduce a lo subjetivo, por eso se analiza la construcción de la teoría científica para mostrar que hay elementos que no dependen del sujeto. Tampoco es que se niegue un



consenso en la comunidad científica o un convencionalismo, veremos que este se encuentra presente cuando el científico acude a las teorías o a los datos de otros científicos para estudiar al fenómeno, pero aun así se trata de un consenso que al final está justificado objetivamente, de modo que no se trata de un consenso subjetivo.

Esta investigación apoya la propuesta de que sí es posible acercarnos a un conocimiento objetivo, con lo cual se estarían dando los motivos del por qué y cómo es posible esta objetividad. El beneficio de realizar este estudio sirve al campo filosófico para identificar la estructura del conocimiento objetivo en ciencia y para ubicar dos factores importantes dentro de éste: la lógica y la matemática; que son los que posibilitan la objetividad científica.

El principal objetivo es mostrar mediante el análisis de las teorías científicas que la objetividad del conocimiento científico es posible por la lógica y la matemática propias de ella, por lo cual no se reduce a un consenso de la comunidad epistémica.

Nuevamente, esto no quiere decir que no exista una parte subjetiva dentro del proceso de construcción de la objetividad científica; se admite que al construir una teoría se encuentra el lado subjetivo del científico cuando algunos de ellos entienden y explican de una manera un fenómeno y otros lo explican de distinta manera, esto se aborda con más detalle en el Capítulo III. Sí puede existir un convencionalismo en la comunidad científica, pero éste no determina la objetividad de la teoría. Esto tiene que ver con el modo en que el científico está justificando al conocimiento.

Al analizar la construcción de las teorías científicas, se va a tratar la noción de teoría como una representación condensada del fenómeno y esta representación se trata como un constructo simbólico. Es un constructo simbólico porque lo que se hace para formar una teoría científica, es entre otras cosas, simbolizar las propiedades específicas del fenómeno, hasta obtener un conjunto de símbolos relacionados entre sí con los cuales se represente a éste. Se trata de representaciones condensadas porque, se verá que un fenómeno puede contener demasiadas propiedades y analizarlas todas

sería muy complejo, por lo que se eligen las principales y con ésta se intenta analizar cómo están relacionadas.

La hipótesis es que este constructo simbólico tiene la misma estructura del fenómeno y que por eso se logra una correspondencia entre el fenómeno y el constructo simbólico.

Lo importante aquí, es resaltar que la lógica y la matemática es lo que se muestran como ajenas a toda creencia particular o a todo sentimiento, es decir, a la parte subjetiva, porque las relaciones que se dan en la lógica es lo que se considera como independiente de nosotros como sujetos cognoscentes del fenómeno. Las relaciones lógicas de la estructura del fenómeno, no dependen del sujeto.

Dado que el constructo simbólico está constituido de estas relaciones lógicas, una vez que se representa al fenómeno, este constructo resulta ser objetivo al captar las relaciones lógicas del fenómeno.

Lo anterior es una parte importante dentro de las teorías científicas que consiste en representar la parte empírica del fenómeno, esta relación de la que se habla se le conoce como razonamiento subrogatorio. Esta noción es la que ayuda a comprender que es posible conservar la estructura lógica del fenómeno a partir del constructo simbólico.

Para desarrollar los puntos anteriores, la investigación se ha dividido en tres capítulos. Dado que nos interesa saber cómo es posible la objetividad del conocimiento científico, hemos primeramente de analizar cómo es el conocimiento científico o bien, cómo se conoce en la ciencia. Cuando los científicos pretenden conocer algún fenómeno, elaboran una teoría científica. Por ejemplo, si se quiere conocer la trayectoria de un cometa, se emplea la teoría gravitatoria de Newton. Estas teorías que formulan los científicos son resultado de un largo proceso, tanto para poder formularlo como para evaluarla. Por ello, en el primer capítulo se ahondan los aspectos del conocimiento científico y la formulación de las teorías científicas. Para analizar esto, el Capítulo I se compone de siete secciones. La primera tiene que ver con la noción de conocimiento. A partir de esta se distingue entre conocimiento del sentido común y conocimiento científico. Lo que permite identificar algunos de

los elementos que se encuentran en el conocimiento científico, pero no en el conocimiento adquirido por el sentido común; así como las similitudes que comparten ambos conocimientos.

Partimos de indagar cómo es el conocimiento científico ya que si lo que interesa es la objetividad de este conocimiento habrá que explorar cómo es este tipo de conocimiento y además por qué se distingue del conocimiento no científico.

Lo anterior es de utilidad para el objetivo planteado referente a la objetividad del conocimiento científico, en tanto que se empieza a mostrar por qué el conocimiento del sentido común no es objetivo, en comparación con el conocimiento científico.

Esta sección se expone a partir de la noción de conocimiento dada por Luis Villoro en *Creer, Saber y Conocer*, la cual nos da los elementos principales del conocimiento en general.

De la noción y distinción entre conocimiento del sentido común y el conocimiento científico, se obtiene una parte que es básica para el conocimiento en general, pero en el conocimiento científico parece haber una distinción. Esto es referente al tipo de observación que se efectúa en cada uno. Para exponer ésta, se dedica una segunda sección en la que se aborda la distinción entre la observación del sentido común y la observación científica.

Con esta segunda sección también se identifican algunas de las características del conocimiento científico. Una de ellas, por ejemplo, es la carga teórica. Dicha noción es empleada para referirse al conocimiento previo que se tiene de algún fenómeno, o bien son las creencias con las que nos acercamos a conocer un objeto. Veremos que la carga teórica se encuentra en ambos conocimientos, pero el modo en que se adquiere es distinto. Este modo de adquirirlo, es lo que hace que un conocimiento esté mejor o menor justificado.

Teniendo en cuenta algunos elementos que distinguen, principalmente, al conocimiento científico, se comienza a exponer ¿cómo es posible, en el conocimiento científico, pasar de datos empíricos a datos teóricos? Cuestión que se aborda en la tercera sección del Capítulo I. Un rasgo importante que se

introduce en esta sección es la utilización de los símbolos matemáticos para representar propiedades empíricas del fenómeno. Se expone cómo a partir de las simbolizaciones matemáticas se puede adquirir conocimiento científico. Con esta sección y con los elementos identificados en las anteriores secciones también se amplía la noción inicial de conocimiento.

Esta tercera sección es el punto de partida para posteriormente analizar la construcción de las teorías científicas.

Nos interesa ver cómo a partir de lo empírico se pasa a lo teórico, para ello, se desarrolla paso a paso el proceso por el que se construye la parte teórica del fenómeno, a partir de la experiencia hasta llegar a formalizar el constructo simbólico, es decir la teoría.

Para desarrollar la construcción de las teorías científicas esta cuarta sección se ha dividido en tres subapartados, en los cuales se expone la formulación de la ley científica; la diferencia entre las leyes del sentido común y las leyes científicas; y por último la formulación de la hipótesis científica. Cada una de estas, ley e hipótesis, pertenecen a un primer nivel representacional y segundo nivel representacional, correspondientemente. Estos niveles representacionales se introducen para mostrar que las teorías científicas son constructos simbólicos que representan al fenómeno. Lo que está de por medio en el primer nivel representacional es decir en la ley científica, es la relación entre símbolos matemáticos para formularla. En el segundo nivel representacional se relacionan las leyes obtenidas formando un principio.

Se habla de niveles representacionales ya que en el primer nivel se hizo abstracción de las propiedades del fenómeno y se representaron matemáticamente, estos símbolos se relacionan para obtener una o más leyes científicas. El segundo nivel no sólo trata de relacionar a los símbolos dados en las leyes, sino que además relaciona las leyes. Al relacionarlas, lo que se está haciendo es trabajar con representaciones de representaciones. Lo que quiere decir que el constructo simbólico está conformado por más de una representación las cuales indican el comportamiento del fenómeno.

Durante la exposición del primer nivel representacional se precisa la noción de *ley científica* así como la diferencia entre ésta y la ley del sentido común. Esta

distinción permite saber con más claridad cómo se formula la ley científica, así como los elementos que están en juego.

Para estas secciones nos basamos principalmente en el libro *La Teoría Física su objeto y su estructura* de Pierre Duhem, ya que su contenido nos da un panorama detallado del proceso científico durante la construcción de la teoría científica, específicamente de una teoría física.

Una vez teniendo claro el proceso de construcción de la teoría científica y los elementos que se ven involucrados, se desarrollan otros elementos que sirven para corroborar que el constructo simbólico funcionó. Lo cual está destinado para el segundo capítulo.

Lo que se presenta en el Capítulo II es referente a la justificación de la teoría científica. Esta justificación tiene que ver con el cómo se corrobora la teoría científica. Se exponen tres aspectos mediante los cuales se verifica que la teoría sea la más adecuada.

Se desarrolla la matematización del fenómeno como parte de la mencionada corroboración. Otros elementos que se exponen es el experimento científico como parte de esta valoración; la experimentación nos va permitir ver que existe un vaivén que parte de la observación, después se pasa al ámbito teórico y regresa a la parte observable para verificar la teoría científica. Este vaivén ya está impregnado de nociones matemáticas y de relaciones lógicas. Hay otros elementos que se involucran en la valoración de la teoría científica, como el aspecto de la medición ¿cómo con la medida se está representando una propiedad específica del fenómeno? y que a partir de ésta se puede obtener cálculos mediante los cuales se está conociendo más al fenómeno o bien, cálculos que están prediciendo al mismo. Por otra parte, la medición se relaciona con la noción de razonamiento subrogatorio. El razonamiento subrogatorio es una función que se encarga de pasar de lo empírico a lo teórico, preservando la estructura del fenómeno. Dicha noción se hace presente al considerar que si al representar propiedades del fenómeno con la medición se está representando lo empírico, entonces de acuerdo a la noción de razonamiento subrogatorio la medición preserva las relaciones empíricas.

Otro aspecto es el de la utilización de instrumentos científicos ya sea para estudiar al fenómeno y obtener datos de éste o bien, corroborar los mismos datos. Lo relevante de tratar el instrumento científico es que para la fabricación de éste se utilizaron teorías científicas, de tal modo que al funcionar el instrumento o perfeccionarse se están corroborando las teorías científicas.

Al pensar en estos elementos como parte de la valoración de la teoría científica, también ha sido interesante cuestionarse cómo se puede experimentar y así mismo valorar una teoría en una ciencia como la astronomía en donde no se tiene un contacto directo con los fenómenos que se analizan, aun así se sabe que la astronomía, siendo una de las ciencias más antiguas, ha continuado progresando en sus investigaciones sobre el universo, pero además ha sido posible la predicción de eventos.

Por ello, la predicción también es parte importante para la valoración de la teoría, pues con ésta se constata que la teoría sí corresponde con el fenómeno estudiado. El cómo se da una predicción es lo que se va a relacionar con la noción de consecuencia lógica, ya que esta noción nos permite entender cómo con la lógica se puede obtener un nuevo conocimiento, a partir de ciertas cosas o premisas ya dadas, es decir, hay un conocimiento que está implícito en una serie de premisas, pero no está explícito. En otras palabras, lo que se logra con la lógica es pasar de lo conocido a lo desconocido, esta parte desconocida es la que se hace explícita gracias a la experimentación y predicción. Se va a relacionar con la predicción porque es así como ésta funciona.

Para desarrollar cada punto mencionado, recuperamos la noción de experimentar utilizada por Duhem, en la misma obra ya mencionada, donde también se nos ha aclarado la importancia del instrumento científico en la teoría. Respecto a la cuestión de la medición, Ulises Moulines en *Fundamentos de filosofía de la ciencia* ofrece una explicación sobre esta noción, además de presentar la medición como una representación de propiedades específicas del fenómeno que permiten pasar de lo empírico a lo teórico. Este proceso es el que se ve relacionado con la noción de razonamiento subrogatorio, tratado por Thomas Mormann y Andoni Ibarra, en *Representaciones en la ciencia, de la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, ya que cómo se ha mencionado la medición, logra representar la parte empírica del fenómeno. En

esta perspectiva se habla de una preservación estructural encontrada en la medida, gracias al razonamiento subrogatorio, que como se verá, más afondo en el Capítulo III, es el encargado de preservar la estructura del fenómeno al momento de ser representada por el constructo simbólico.

Finalmente, respecto a la noción de consecuencia lógica esta es tratada con forme al artículo *La noción de consecuencia lógica* de Mario Gómez Torrente.

Para cerrar con este Capítulo, en la última sección se añadió un ejemplo del campo astronómico: la aparición del cometa Halley, con el cual se rastrea cada elemento involucrado en la construcción de la teoría científica y en la valoración de la misma. Este ejemplo está basado principalmente en el libro titulado “El cometa Halley. Introducción al estudio de los cometas” de Teodoro Vives.

El análisis del mismo ejemplo nos permite pasar al Capítulo III en donde se expone en la primera sección de éste, la noción de razonamiento subrogatorio, ya que posteriormente se vuelve a retomar el ejemplo esta vez para ejemplificar la realización del razonamiento subrogatorio.

Ya que en el capítulo dos se intenta mostrar la existencia de una estructura lógica y de un razonamiento subrogatorio que preserva dicha estructura; en el Capítulo III se considera que parte importante del conocer es la justificación. Para desarrollar esto se indica lo que se entiende por justificar, así como la noción de lo objetivo.

También se ha dedicada una sección para señalar la importancia del sujeto que interpreta, como parte del conocimiento científico. Más que un sujeto, se trata de ver el papel del interpretante dentro de las representaciones científicas. Con lo cual también se retoma la carga teórica unida a la interpretación.

De esta manera se trata de dilucidar cómo es posible que la justificación de la objetividad en el conocimiento científico estando de por medio el sujeto. Debido a que se menciona que la objetividad puede ser formada por la comunidad científica es decir por convención, se trata otro pequeño apartado sobre el convencionalismo, para limitar el papel del convencionalismo que pudiera darse dentro de una comunidad epistémica.

Se expone que no se deja de lado la parte convencional en el conocimiento científico, sin embargo ésta objetividad no depende de tal convencionalismo, ya que el razonamiento subrogatorio está de por medio en el tipo de justificación dado por el científico.

Para el capítulo III consideramos nuevamente la obra *Creer, saber y conocer* esta vez para tratar de aclarar el conocimiento científico respecto a la objetividad y la noción de justificación objetiva, así como parte del convencionalismo dentro de la comunidad científica, con la finalidad de evidenciar que la objetividad del conocimiento científico se debe a las relaciones lógicas intrínseca en el fenómeno y a la matematización del mismo.



## FORMULACIÓN DE LA TEORÍA CIENTÍFICA. DE LO EMPÍRICO AL CONSTRUCTO SIMBÓLICO

### 1. Noción de conocimiento: conocimiento del sentido común y conocimiento científico

Una definición del conocimiento, considerada a partir de Villoro y con la que se puede ir desarrollando este primer capítulo es:

Conocer x incluye, en suma aprehensiones inmediatas y creencias, referidas todas ellas al mismo objeto. En su sentido más fuerte, conocer realmente un objeto, supone que formarnos un cuadro general acerca de cómo es el objeto y no sólo de cómo aparece a la aprehensión inmediata.<sup>1</sup>

En lo citado se pueden leer dos de los elementos que se involucran en el conocer, como ya se introducía: las aprehensiones inmediatas, que es la observación y creencias sobre el objeto que sería la carga teórica.

De acuerdo con esto, el conocimiento comienza por medio de aprehensiones inmediatas esto es, aquello que recibimos a partir de la experiencia o de los sentidos, como la observación; sin embargo, veremos que no todo el conocimiento se reduce a esto, pues habrá cosas de las cuales no se tiene una experiencia inmediata y directa, pero se pueden llegar a inferir tras una serie de razonamientos y con ello, decir que se adquirió conocimiento. Ejemplo de esto, es la astronomía, como se sabe es una ciencia que estudia el universo y para hacerlo no cuenta con la observación directa, ni únicamente con la experiencia inmediata, pues los objetos celestes que estudia se encuentran a distancias enormes. Sin embargo, es una ciencia que se basa mucho en la parte observacional, se pueden utilizar por ejemplo diversas fotografías del objeto estudiado u otros instrumentos para intentar observar más y mejor al cuerpo celeste. Pero no sólo se basa en la observación, entendida como esta

---

<sup>1</sup> VILLORO, Luis, *Creer, Saber y Conocer*, siglo XXI, México 1999, p. 202.

aprehensión inmediata, sino que también lleva a cabo razonamientos a partir de lo observado. Esto quiere decir que al observar el fenómeno, el científico va a retomar datos sobre éste. Dichos datos que provienen de la observación serán analizados para ser simbolizados y el modo en que se simbolizan es matemáticamente. Dicho en otras palabras este razonamiento de lo observado, es la matemátización del fenómeno para explicarlo con mayor precisión. Es decir alejándose de la experiencia inmediata. Ello no quiere que sus aprehensiones inmediatas no tengan relación alguna con la parte matematizada, por el contrario se trata de encontrar cómo se relacionan entre sí los datos observados. Más adelante, en el apartado 1.2) donde se expone la obtención de datos del fenómeno, se explica que este razonamiento de los datos se efectúa matematizando el contenido empírico. Por el momento sólo tomaremos en cuenta la observación, en este caso del astrónomo.

Por ejemplo, si se quisiera conocer la evolución de una galaxia, evidentemente el astrónomo no puede darle seguimiento a la observación de esa galaxia, pues tardaría demasiado; lo que sí puede hacer es observar otras galaxias, es decir trabajar con un grupo grande de objetos de la misma clase y no con uno sólo. Localizar entre el grupo de galaxias desde la más pequeña hasta la más grande, así podrá observar y conocer la evolución de éstas.

Esto es lo que ocurre en el conocimiento científico, pues el conocimiento que se adquiere no se logra únicamente por medio de aprehensiones inmediatas o por el sentido común, se trata de un proceso más complejo. Pensemos por ahora en algo tan conocido como el movimiento de la tierra. Anteriormente se creía que era inmóvil, entre otras razones, porque no se veía ni se sentía directamente su movimiento. Parecía que la inmovilidad de la tierra se constataba con la experiencia y en este sentido era verdad que la tierra fuera inmóvil. Tiempo después se aceptó su movimiento constatándolo igualmente con la experiencia, pero ya no inmediata y cambiando algunas de las razones que se aceptaban para concluir la inmovilidad de la tierra. Esta experiencia ya no era inmediata porque se involucraban distintos aspectos teóricos racionales que anteriormente no se consideraban o bien nociones que se entendían de otra manera. Estoy pensando en la explicación aristotélica acerca de la inmovilidad de la tierra en contraste con la explicación de Galileo sobre la movilidad.

En la siguiente sección se expone con más detalle uno de los sentidos por el que se comienza a conocer, esta aprehensión inmediata como se ha estado diciendo es la observación. En los últimos párrafos se presentó un ejemplo general sobre la observación científica, en lo que a continuación se expone se pretende distinguirla de la observación del sentido común para mostrar con dicha distinción, más elementos que se involucran en el conocimiento científico. Es importante retomar el aspecto de la observación dentro del conocimiento científico, porque es así como el científico también comienza a conocer. Específicamente la observación científica es el primer punto de partida para comenzar con la construcción de las teorías científicas.

### **1.1) Distinción entre observación cotidiana y observación científica**

El primer acercamiento que se tiene con un fenómeno es visual: se trata del observar, todos podemos observarlo y describirlo, se puede decir que el resultado de esta observación es una descripción sin mayor complicación que incluso cualquier persona sin ser científico puede hacer; es una observación general, sin tener precisión de lo que ocurre en el fenómeno. La persona que observa algún fenómeno nuevo, que fija su atención en él, puede notar ciertos caracteres, ciertas particularidades, de tal modo que si se le pidiera hablar de él no haría sino mencionar aquello que observa. Cualquier persona comienza a relacionarse de este modo con el fenómeno, como se ha estado viendo al citar a Villoro, es partir de la experiencia inmediata.

Tras esta observación comienza otra labor en la que habrá que prestar más atención a ciertos detalles del fenómeno para que después puedan ser analizados; se consideran los datos del fenómeno, datos que son meramente observacionales. Lo que hemos dicho es que este primer acercamiento que se tiene con el fenómeno va incrementando en dificultad, cuando se somete a un análisis.

Veamos un ejemplo sencillo: imaginemos a una persona que observa por primera vez un fenómeno y al expresar lo observado lo que hace es narrar los hechos con un lenguaje coloquial, esto quiere decir que no maneja concepciones o nociones precisas sustentadas por una teoría científica, sino

que solamente tiene lo que su experiencia inmediata le brinda, es decir son propias del sentido común por lo que éstas podrían ser imprecisas en tanto que aún no analiza por completo al fenómeno; su experiencia en este sentido, sólo le otorga un montón de propiedades que no han sido ordenadas ni bien identificadas dentro del fenómeno. Se trata de una observación que no es del todo exacta, pues aún no cuenta con nociones que le puedan servir para identificar las propiedades del fenómeno. Retomando la cita de Villoro, del apartado anterior, aún no sabe con precisión cómo es el fenómeno o qué propiedades lo componen y caracterizan. Aún no se forma el cuadro general, que nos menciona Villoro, acerca de cómo es el objeto. Nótese cómo este cuadro general no incluye únicamente a la observación inmediata, o a las aprehensiones inmediatas, incluye el identificar propiedades del fenómeno, considerar lo que ya se ha estudiado con anterioridad sobre el fenómeno para tomarlo en cuenta al analizar el fenómeno. Si aún no se forma este cuadro, digamos que se deja llevar por lo que él observa a simple vista.

Puede ser que su observación resulte clara para sí mismo, pero clara sólo a partir de su experiencia inmediata, en tal caso habría que ver si evaluando su experiencia resulta no sólo ser clara para él sino para cualquiera y en tal caso, tendría que comprobar lo que aprehendió de tal experiencia. Pero lo que se busca en el conocimiento científico, no es una explicación particular, de los hechos, sino una explicación general, que además sea clara para todos, que ésta se pueda evaluar por cualquiera, llegando al mismo resultado. Para esto, hace falta, entre otras cosas, una observación más detallada.

Lo que haría un científico en este punto del conocer es acudir a la información que ya conoce. Quizá el fenómeno está relacionado con otras teorías y nociones que él conoce, ésta información que ya posee es su *carga teórica*. Así que de comenzar con aprehensiones inmediatas ahora pasará a una observación científica en la que no basta únicamente lo observado. Ahora puede acudir a nociones más precisas, son precisas para él en tanto que se encuentran justificadas dentro de alguna teoría científica

El científico recurre al aprendizaje que ya posee y conforme a éste observa y describe el fenómeno, es un aprendizaje que ya está justificado por la teoría científica; anteriormente no contaba con ello, observaba el fenómeno de una manera muy distinta y particular. Esto quiere decir que la descripción dada de

su observación era ambigua y subjetiva en tanto que sólo contaba con lo que su experiencia le ha brindado. Al comenzar a analizar al fenómeno, se busca que éste no quedé justificado solamente por la experiencia inmediata sino en teorías que ya han sido probadas, su tradición no le proporciona ambigüedad, ello se debe en gran medida a que no se ha recurrido únicamente a la experiencia, sino que el fenómeno ha sido sometido a un análisis más complejo, este es el de la interpretación del fenómeno. Mientras se observa el fenómeno por primera vez puede haber una interpretación ambigua del fenómeno, pero al analizar este, la interpretación que se forma es más precisa. Hasta ahora podemos decir que cualquiera puede observar, pero no cualquiera *interpreta* de manera precisa y detallada un fenómeno, pues esto depende del conocimiento que se tiene de fondo, el cual es proporcionado por las teorías. Más adelante se verá lo que está de por medio para poder dar una interpretación científica, ya que es un proceso importante para la comprensión del fenómeno estudiado.

Mientras tanto, hay que subrayar que el aspecto de la observación es sólo el comienzo de un proceso para poder entender al fenómeno y que no basta únicamente con la experiencia. A propósito de ello, Alexander Koyré tras un estudio histórico sobre la ciencia y retomando el pensamiento de Galileo Galilei dice: “La experiencia, en el sentido común de experiencia simple, de la observación en el sentido común, no ha desempeñado ningún papel que no haya sido el de dificultar el nacimiento de la ciencia clásica...”<sup>2</sup> Y esto se debió al cambio que hubo de la física aristotélica a la física matemática que se instaura con Galileo, en donde uno de los principales cambios es que la física de Galileo no se centra únicamente en la experiencia; sí se parte de ésta, pero se pretende racionalizarla, pasar del ámbito empírico al teórico, haciendo abstracción del fenómeno, esto es matematizándolo. Este es el cambio que logra hacer Galileo: una física matemática que va más allá de la experiencia común y observación.

Para lograr hacer un cambio sobre la física aristotélica, Galileo también se guió por otros pensadores, como Arquímedes y Benedetti, en donde se puede ver la carga teórica de su pensamiento. De Arquímedes rescata en parte su modelo

---

<sup>2</sup> KOYRÉ, Alexander, *Estudios Galileanos*, Siglo XXI, España, 1980, p. 3.

hidrostático para explicar la caída de un cuerpo; de Benedetti principalmente el aspecto matemático de la física y con ello la crítica a la teoría aristotélica.

Hemos dicho que la observación y la experiencia común que se tiene del fenómeno es el primer acercamiento, para no quedarnos sólo con esta primer visión, habrá que ir incrementado el nivel de análisis, es decir, si ya se observó el fenómeno, ahora hay que tener un registro de lo observado que servirá para ubicar las propiedades esenciales del fenómeno con las que podemos entenderlo. Este registro también forma parte del cuadro general para conocer el fenómeno. Otro aspecto que se mencionó retomando la noción de conocer de Villoro son las creencias que se tienen sobre el fenómeno.

El científico ha de prestar atención a los datos que le servirán como guía para interpretar el fenómeno. En esta parte se involucran varios elementos que son importantes de mencionar para exponer, posteriormente, cómo se va construyendo la teoría científica, para ello, hemos dedicado la siguiente sección.

## **1.2) Obtención de datos en el fenómeno: de lo empírico a lo teórico**

La obtención de datos del fenómeno permite identificar aquellas características más relevantes en el fenómeno u objeto estudiado; son las características a las que se les presta mayor atención y sobre las cuales se trabaja y analiza cierto objeto. En dichas características se identifican propiedades cualitativas y cuantitativas. Lo cualitativo es aquello que no se puede sumar o contar, sin embargo sí es susceptible de intensidad, como los colores; se puede ser mayor que o menor que o igual y para esto se cuenta con símbolos como  $>$ ,  $<$ ,  $=$ . Lo cuantitativo es aquello que es susceptible de más o menos por ejemplo, si a una línea pequeña se le agrega otra línea, el resultado de esto será una línea más grande de la que era en principio; es susceptible como lo indica su nombre de cantidad y siendo así, se le puede atribuir un número a la característica del fenómeno, este número estaría representando una propiedad específica del aspecto empírico, del fenómeno.

Una gran cantidad siempre puede estar formada por la suma de cierto

número de pequeñas cantidades de la misma especie. La gran cantidad de granos que contiene un saco de trigo siempre puede ser obtenida por la suma de montones de trigo cada uno de los cuales contenga una cantidad menor de granos. No ocurre nada parecido con la categoría de la cualidad. Si cosemos varios pedazos de la tela de color rojo oscuro, la pieza resultante no será de un rojo brillante. 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.<sup>3</sup>

A estas propiedades que se les atribuyen símbolos matemáticos, como el número, es para poder razonar sobre estos, por lo que los datos obtenidos directamente por la experiencia no se consideran tal cual, sino a través de una traducción por medio de símbolos matemáticos. A esto se hacía referencia anteriormente cuando hablábamos de interpretar el fenómeno en lenguaje matemático.

El uso del símbolo matemático no es arbitrario, éste ha de representar una propiedad específica del fenómeno; el número puede representar alguna propiedad cuantitativa, una vez que se ha establecido una escala numérica que permita identificar una cantidad mayor o una cantidad menor. Un ejemplo de lo cuantitativo es la medición, en ésta se puede ver cómo la medida representa alguna propiedad del fenómeno y esto se hace con el número; se puede representar una propiedad de éste diciendo que mide 700 metros, en donde el metro es la escala de medición. Estas propiedades que pueden ser medidas son las magnitudes, como la longitud, la temperatura o la masa y son susceptibles de un más o un menos, es decir, son cantidades que se pueden sumar o restar y en las que hay una relación de comparación tal que permite expresar que „x” cosa es más (o menos) que „y”.

En el aspecto cualitativo, se ha dicho que este es susceptible de una mayor o menor intensidad. A diferencia de lo cuantitativo, lo cualitativo no se obtiene al sumar, restar o multiplicar las cualidades, no se pueden juntar pequeños grupos de la misma cualidad para decir que con ello se obtiene una cualidad más grande. Sin embargo, también se puede simbolizar matemáticamente, se puede comparar la intensidad entre una cualidad y otra, de modo que si resultan tener la misma intensidad, se le asigna el mismo número, lo cual se hace estableciendo una escala de intensidad para determinares valores específicos.

---

<sup>3</sup> DUHEM Pierre, *La Teoría física: su objeto y su estructura*, Herder, Barcelona, 2003, p. 144.

Un fenómeno puede tener demasiadas de estas propiedades ya sean cualitativas o cuantitativas, sin embargo es importante reconocer aquellas sin las cuales sería imposible que se logre comprender el fenómeno de manera correcta, esto es que el símbolo matemático corresponda con la parte empírica del fenómeno. Identificar estas propiedades principales ayudan a entender y describir el fenómeno de una modo más preciso, es decir sin atender a propiedades que quizá no sean relevantes para el análisis del fenómeno. Las propiedades principales no deben ignorarse, pues podría afectar, posteriormente, el resultado obtenido sobre el análisis del fenómeno y llegar a uno erróneo. Así que si se altera el valor del dato, también el del resultado.

Podemos decir, entonces, que los datos que han sido traducidos con la matemática, muestran el aspecto empírico de estas propiedades, lo que se está haciendo es aplicar la matemática al mundo físico o empírico. Se pretende que lo representado, en este caso por el número o por alguna magnitud, guarde el aspecto empírico o que al pasar de lo empírico a lo teórico no se pierda el rasgo de la experiencia, por ello la asignación de números es empíricamente significativa, pues significan una parte del fenómeno o mejor dicho una propiedad de éste; y es importante que se conserve en este lenguaje matemático el rasgo empírico porque al final, se corroborará el constructo teórico, nuevamente por medio de la misma experiencia. Cabe aclarar que para concluir con este constructo no basta con la simbolización matemáticamente, ésta es el comienzo o un primer paso para la abstracción fenómeno.

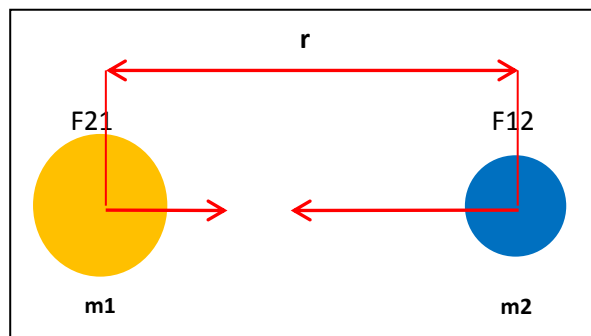
Al analizar el fenómeno por medio de símbolos matemáticos –números–, resulta interesante abordar cómo en lo simbólico se conserva lo empírico.

Otra manera de entender esto es considerar los datos en dos partes: en uno se atiende sólo a la observación que nos brinda la experiencia, se puede considerar como una descripción del fenómeno, en la cual se percibe el fenómeno de manera general, sin identificar ciertas cualidades. Después, en esta segunda parte, para una mejor comprensión y mayor exactitud del fenómeno se eligen los datos que lo representan. Estos datos habrá que refinarlos más, lo que quiere decir que ya no se apela simplemente a la experiencia común, sino que estos datos se interpretan científicamente, para lo



cual se necesita del aspecto teórico en donde además de considerar los datos observados, la parte empírica, también se considera lo que se ha simbolizado. En otras palabras se trata de datos interpretados teóricamente. Para que sea interpretado de tal manera, se recurre a nociones precisas y símbolos matemáticos en donde ciertas cualidades se pueden representar con mediciones o bien, a través de un valor numérico. Por ejemplo, la siguiente ecuación expresa la fuerza de gravedad:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



En esta ecuación el signo menos nos dice que la fuerza  $F$  entre dos cuerpos, 1 y 2, es de atracción. Dicha fuerza es proporcional al producto (multiplicación) de las masas  $m_1$  y  $m_2$ ; es decir, que cuanto mayor sea la masa total del sistema mayor será la fuerza. Además, es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa a los dos cuerpos, o sea, que cuanto más separados estén los cuerpos menor será la fuerza que sientan.  $G$  es la constante de gravitación, que tiene el mismo valor en cualquier parte del Universo<sup>4</sup>.

En la imagen se intenta presentar lo mismo que en la ecuación: sobre el cuerpo 1 ( $m_1$ ) se dice que el cuerpo 2 ( $m_2$ ) tiene fuerza sobre este primero ( $F_{21}$ ). Igualmente para el cuerpo 2, en donde el cuerpo 1 tiene una fuerza sobre el cuerpo 2. Nótese que  $m_1$  es más grande, tiene una masa mayor que  $m_2$ , por lo que efectúa una fuerza mayor sobre  $m_2$ . Si  $m_2$  se encuentra cerca de  $m_1$ , la atracción será mayor, debido a la masa de  $m_1$ . Si se encuentran alejados, tal como se cita arriba, la atracción disminuye.

Esta explicación de lo que representa cada símbolo de la ecuación no ha sido

<sup>4</sup> BIRO, Susana, *Para Calcular el Universo: Las Computadoras en la Astronomía*, Fondo de Cultura Económica, México, 2004, p. 54.

captada directamente de la experiencia, la experiencia no nos proporciona todos estos detalles ni estas relaciones de manera tan exacta, ordenada y simplificada. Aun así sale de la experiencia, pues es el resultado de haber obtenido datos sobre el fenómeno y de haberlos simbolizado de tal manera.

En esto radica la importancia de la obtención de datos, en que estas cualidades y cantidades, serán traducidas en símbolos matemáticos, que posteriormente serán útiles para establecer relaciones entre los símbolos matemáticos, establecer principios, dar paso a una hipótesis y a una predicción.

El modo en que se encuentran relacionados los símbolos, también es matemáticamente, como se ve en el ejemplo el cuerpo uno se relaciona con el cuerpo dos, mediante una operación matemática que es la multiplicación. Estos a su vez, se relacionan matemáticamente con su distancia elevada al cuadrado, lo cual implica otras operaciones matemáticas, la división y nuevamente la multiplicación, cuando se dice que es  $r^2$ .

En esta traducción de la fuerza gravitatoria, lo que se está haciendo es pasar de un objeto concreto o característica física a una noción abstracta de éste, dicho de otro modo se pasa de un lenguaje empírico a lo abstracto esto es, a un lenguaje simbólico, tal es el caso de una ecuación.

Por otra parte, para verificar que la representación o la ecuación corresponde con lo observacional o el que esta ecuación exprese claramente tal cosa como la fuerza de gravedad, habrá que regresar a observar el fenómeno, esto se hace experimentando. En el apartado correspondiente a la experimentación veremos que el resultado de la operación obtenido mediante el constructo simbólico (la ecuación) se contrapone con la verificación empírica, es decir de haber partido de lo empírico, esto se transformó en un constructo teórico y para revisar la parte teórica, se hace, empíricamente, es decir hay que volver al fenómeno para constatar que dicho resultado corresponde con el fenómeno.

Cabe remarcar que la elaboración de esta ecuación no se obtiene sólo con la obtención de datos. Ha sido importante mencionar el aspecto de la medición, porque los datos interpretados por el científico pueden ser de utilidad para la elaboración de la ley científica, pero ello no quiere decir que una vez que se han obtenido los datos de medición, se pueda dar paso a la ley científica; más

bien, estos datos sirven como una guía al momento de formular la ley.

De hecho la elaboración de este constructo simbólico (la fórmula de la gravedad) es uno de los elementos últimos que se exponen dentro del proceso<sup>5</sup>, pues concluir con una ley como la de la fuerza gravitacional, como veremos más adelante, no se elabora con una única representación o una única ecuación, a partir de los datos, sino que se elaboran varias en las que se va representando poco a poco los atributos del fenómeno, para después lograr sintetizarla, pero sin perder elemento alguno del fenómeno empírico.

Hemos visto de manera general, los elementos que se involucran tanto en el conocimiento cotidiano como en el conocimiento científico, así como los aspectos que se consideran en la observación científica. En ambos casos hablamos de conocer algo cuando, al corroborar nuestras razones, éstas corresponden con la realidad y para tener esta garantía habrá que justificar nuestra creencia, habrá que decir por qué razones creemos que tal cosa es así, si estas razones se contrastan con la realidad y resultan ser ciertas, se puede decir que se conoce.

Lo que cambia en el conocimiento científico es el cómo se justifica este conocimiento, el modo en que se analiza el fenómeno. Para el científico conocer implica un proceso teórico, esto es la construcción de una teoría, misma que debe justificar y corroborar.

El conocimiento del sentido común no es un proceso teórico en el que sea necesario llevar a cabo abstracciones matemáticas para analizar el fenómeno. Sin embargo como se ha repetido, sí incluye considerar creencias sobre el objeto. De estas creencias depende el modo en que se interprete el fenómeno.

Respecto al conocimiento científico, en contraste con el conocimiento del sentido común, se puede decir que éste no pretende suprimir nuestros sentidos sino precisarlos, por ello se traducen teóricamente. Además para ver si los constructos simbólicos relacionados son los más aptos para representar lo empírico del fenómeno, se vuelve a los sentidos o a lo empírico para confirmar lo teórico. Este es un proceso que no se lleva a cabo en el conocimiento del sentido común, pues normalmente cuando conocemos algo no pretendemos

---

<sup>5</sup> Se ha añadido en este punto con el fin de ejemplificar la simbolización de los datos obtenidos.

matematizar ese objeto, nos acercamos a éste de distinto modo.

Villoro, en la misma cita expuesta con anterioridad nos enseña que conocer incluye creencias sobre el objeto. Hemos aceptado esto, al mencionar la noción de la carga teórica del científico. Pero es importante precisar que se tratan de creencias impersonales, esto es que no son subjetivas, por el contrario se pretende que sean creencias que estén justificadas objetivamente. Lo que quiere decir que en estas creencias ya existe un conocimiento comprobado universalmente y basados en esa experiencia el científico justifica sus creencias.

Tomando en cuenta lo anterior, tenemos que el modo en que se distingue un conocimiento del otro es principalmente por cómo se interpreta y se justifica, por parte del conocimiento científico se pretende que este sea objetivo, para que sea un conocimiento que no depende del sujeto sino que se conozca al fenómeno desde sí mismo. En cambio, con el conocimiento del sentido común puede ser un conocimiento más personal, en donde sus creencias perjudiquen la interpretación del fenómeno.

El aspecto de la justificación científica es un aspecto que aún no se desarrolla por completo en este capítulo, sin embargo al estar relacionado con la carga teórica se introduce que la justificación depende de esta carga o del conocimiento previo del científico. La justificación del conocimiento científico se expone con más detalle en el segundo capítulo.

Una vez examinado algunos aspectos sobre el sentido común y el conocimiento científico, se puede continuar hablando sobre la formulación de la teoría científica haciendo hincapié en la construcción de la ley científica y de la hipótesis, ya que como se verá en el siguiente apartado, es sobre estos aspectos que se nota más el cambio de un aspecto meramente empírico al aspecto teórico.

### **1.3) Construcción de la teoría científica**

Se han mencionado algunos rasgos del conocimiento científico, así como sus diferencias con el conocimiento que proviene del sentido común y cómo el conocimiento científico, a pesar de partir del sentido común, éste se simboliza matemáticamente.

En esta sección se van a retomar estos rasgos del conocimiento científico para abordar la formación de la teoría científica. La teoría científica es entendida aquí como una representación condensada del fenómeno. Lo que se logra condensar con ésta son las propiedades del fenómeno y lo empírico de éste, a partir de símbolos y relaciones entre estos.

Al hablar de una representación, no quiere decir que se trate solamente de una, la cual representa todo el comportamiento del fenómeno, sino que ésta se encuentra compuesta por varios símbolos que representan su comportamiento. De tal modo que se trata de representaciones condensadas mediante las cuales se captura el comportamiento del fenómeno y para lo cual no basta con una sola representación sino con varias representaciones.

En concreto nos concentramos en dos partes de la teoría: la ley científica y la hipótesis científica.

La ley científica o las leyes consisten en ubicar las relaciones existentes en el fenómeno que ya ha sido abstraído; estas relaciones se denominan leyes formales. Las hipótesis se pueden entender como una afirmación dada sobre el objeto empírico que se someterá a prueba para corroborar su eficacia. Durante la hipótesis también se lleva a cabo la relación y representación de las leyes simbólicas, que serán de utilidad para arrojar un resultado sobre el fenómeno. Por ello estas dos partes de la teoría (ley e hipótesis) se mencionan como niveles representacionales, pues es sobre estos en donde la teoría va concluyendo, es también en donde se condensa la información observada. El primer nivel representacional se encuentra en la ley científica; en éste se recupera la primer parte ya mencionada sobre los símbolos matemáticos. Ya que este primer nivel comienza con la representación de algunas propiedades físicas hasta que se logre representar todo el conjunto de los hechos concretos y se relacionan los constructos o símbolos que se han obtenido de la experiencia. El segundo nivel representacional es la hipótesis; lo relevante de este nivel es establecer relaciones entre las leyes. De este modo se establecen principios, mismos que servirán para hacer deducciones del fenómeno.

En las próximas dos secciones se expone lo anterior mencionado sobre la formación de la ley científica y de la hipótesis como niveles representacionales.

### **1.3.1) Formulación de la ley científica: primer nivel representacional**

Se ha visto en el apartado anterior las diferencias entre el sentido común y el conocimiento científico y cómo el conocimiento científico, a pesar de partir del sentido común, se simboliza matemáticamente. Al simbolizar el objeto empírico, se están ubicando sus propiedades cualitativas y cuantitativas, lo que permite esta simbolización es condensar el fenómeno, o la parte empírica, de modo que ésta sea más precisa y ordenada. Se había visto también, en el apartado anterior, un ejemplo, sobre como un fenómeno se simboliza. Decimos que es más preciso el conocimiento del fenómeno en tanto que se identifican propiedades específicas de éste y son simbolizadas matemáticamente.

Se ha mencionado también que se trata de una simbolización matemática, en dónde el símbolo tiene la función de ser como una “herramienta” que nos permita analizar el fenómeno y ponernos en relación con el mismo, el símbolo representa partes del fenómeno, por ello se pueden utilizar varios símbolos para representar el mismo objeto empírico.

En este proceso, lo que se está haciendo es abstraer propiedades del objeto empírico; si ya se ubicaron las propiedades del fenómeno, entonces ahora hay que ver de qué modo se relacionan unas con otras o si es posible cierta relación, esta relación entre símbolos es el objetivo de la ley científica. Por ejemplo para que se pudiera enunciar la ley de la caída de los cuerpos se tuvo que descubrir que la velocidad estaba en relación con el tiempo, de tal modo que la ley enuncia que la velocidad de un móvil es proporcional al tiempo transcurrido. Pero para concluir ello, primero se hizo un trabajo de abstracción, sobre la velocidad y el tiempo, utilizando para este caso la geometría y la aritmética.

Cabe retomar que para formular una ley científica se utilizan los datos obtenidos de la observación, se emplean símbolos y proposiciones matemáticas. Por ello, la ley científica se considera como el primer nivel representacional porque es en este punto donde se ve involucrado el uso del símbolo, sus relaciones, su significado y la interpretación, los cuales dependen de las teorías que los sustentan, esto es de la carga teórica; es a partir de aquí que se comienza con el constructo simbólico del fenómeno, en donde lo que se

pretende es que este constructo logre capturar lo empírico del fenómeno, de tal modo que lo describa de la mejor manera, es decir que exista una correspondencia entre el fenómeno y los constructos. Es por esto que es representacional, porque es significativo, es decir los constructos elaborados con símbolos resultan ser significativos, en tanto que éstos refieren a una parte empírica de fenómeno.

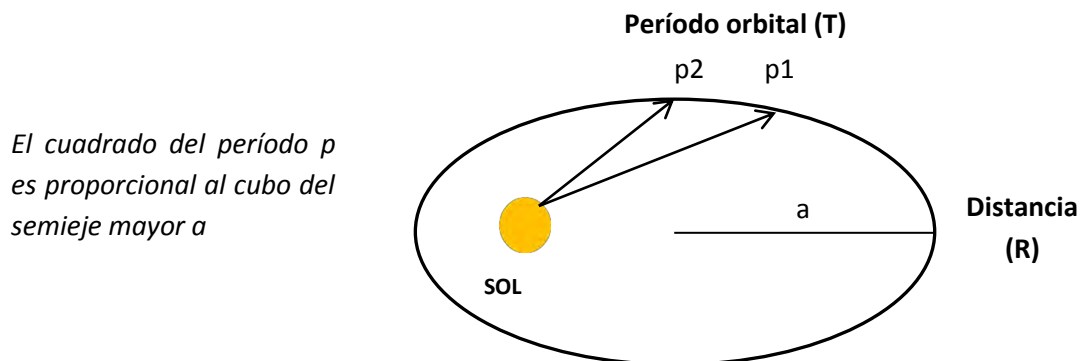
Para enunciar una ley, el científico recurre a ciertos símbolos que se encuentran justificados por la teoría, como ya hemos visto, no basta sólo con la observación, ya que esta simbolización efectuada por el científico no ocurre de manera inmediata ni de manera directa sobre el fenómeno observado, por el contrario, son el resultado del proceso teórico que se va dando a lo largo de mucho tiempo, mismo que también es complicado. Consideremos el siguiente ejemplo del descubrimiento de las leyes de Kepler:

Las leyes de Kepler nos dicen a grandes rasgos el movimiento de los planetas, para entender esto, Kepler se apoyó en Copérnico y en las observaciones y datos obtenidos por Tycho Brahe: *La primera ley nos dice que el movimiento de los planetas no es en circunferencias*, ni en circunferencias dentro de circunferencias, como se había creído antes de él, sino que los planetas giran alrededor del sol trazando elipses. Segunda ley: *la línea que une el Sol con un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales*, lo que quiere decir que la velocidad del planeta no es constante en su recorrido, sino que cuando se acerca al sol su velocidad aumenta. Tercera ley: *El cuadrado del periodo orbital es proporcional al cubo del semieje mayor*: lo cual quiere decir que si se eleva al cuadrado el tiempo que da una vuelta un planeta y se divide por el cubo de la distancia más lejana que alcanza en su recorrido, nos da un número que es el mismo para todos los planetas que giran, lo cual se debe a que la masa del sol es demasiado grande, comparada con los planetas (hecho que posteriormente explicará Newton).<sup>6</sup> Esta tercera ley se simboliza así:  $\frac{t^2}{r^3} = C = \text{constante}$ . T, es el periodo orbital, R la distancia media del planeta con el Sol y C la constante

---

<sup>6</sup> De hecho que Newton descubriera que los planetas se atraen entre sí y que esta atracción es la causa de su movimiento fue en parte gracias a la contribución que hizo Kepler. Se podría decir que las leyes de Kepler sirvieron de guía a Newton para formular la ley de gravitación universal, mientras que ésta justifica las leyes de Kepler.

de proporcionalidad.



Con este ejemplo vemos que las leyes de Kepler describen matemáticamente el movimiento de los planetas en sus órbitas. También, notemos que estas leyes son proposiciones matemáticas, las cuales como hemos estado mencionando constantemente, están compuestas por símbolos y contienen ecuaciones, las cuales relacionan los símbolos matemáticos que representan propiedades del fenómeno. Por lo que podemos decir que las leyes se pueden expresar mediante ecuaciones que son representaciones del comportamiento del fenómeno.

Hemos visto, de manera general, algunos elementos para la construcción de la ley científica. Lo que aún no se expone es una definición de *ley*. Con esta definición de ley se distingue entre ley del sentido común y ley científica, esto nos proporciona identificar más elementos que caracterizan a las teorías científicas, o bien elementos del conocimiento científico.

El desarrollar cómo se caracterizan las teorías, nos dice también cómo se construyen éstas, lo cual es parte del objetivo de esta sección, identificar los elementos que constituyen a la teoría científica para saber cómo se formula ésta. Interesa este proceso para desarrollar el objetivo general de esta investigación, el cual tiene que ver con la objetividad del conocimiento científico, pues analizando el proceso de la construcción científica, se podrá ubicar los elementos que conforman la objetividad del conocimiento científico. Por ello, a continuación se expone con mayor precisión una definición de la *ley*



*científica*, que se retoma de Duhem y la distinción ya mencionada entre ley del sentido común y ley científica.

### **1.3.2) Diferencia entre ley del sentido común y ley científica**

Una ley científica, nos explica Duhem, se distingue de una ley del sentido común porque de ésta se puede afirmar que sea verdadera o falsa; la verdad o falsedad se debe a que se trata de una enunciación que no contiene símbolos teóricos o matemáticos. Cualquiera puede enunciar en este sentido una ley como “todos los gatos maúllan”, “cualquier hombre es mortal” o “ningún perro vuela”, expresamos estas proposiciones que son derivadas de la experiencia. Observemos que en este tipo de leyes no existe una abstracción simbólica matemática, a lo más, lo que se tiene de abstracto es la idea general del todo o de ninguno, es decir la idea de lo universal ya sea afirmativo o negativo, pero este tipo de abstracción no se trata de símbolos teóricos, son abstracciones que se obtienen directamente del sentido común. No es necesario un proceso de matematización, es decir de pasar de lo empírico a un lenguaje matemático para entender tales hechos, lo único que se está haciendo es generalizar un hecho concreto, nunca hemos visto un perro que vuele o no se ha sabido de algún hombre que sea inmortal, por lo que generalizamos estos hechos. Nótese cómo las leyes del sentido común resultan ser juicios inmediatos que se toman directamente de la experiencia y ya hemos visto que la experiencia considerada sin ninguna interpretación teórica puede ser confusa y vaga ya que con lo único que se cuenta es con los sucesos de la experiencia sin mayor análisis. Al ser juicios que se toman directamente de la experiencia no se da un simbolismo; en la ley científica, por el contrario, hay un simbolismo que adquiere cierto sentido debido a las teorías ya establecidas.

Otra característica de la ley científica es que no es ni verdadera ni falsa, sólo aproximada, y esto se debe a que la ley científica sí está construida por medio de símbolos, los cuales aun cuando se establezca que representan propiedades del fenómeno, es decir, al significar con el símbolo tal propiedad del fenómeno, puede llegar un momento en que el o los símbolos utilizados ya no sean suficientes para representar correctamente el fenómeno y se tenga

que representar de otro modo el fenómeno, hasta hallar una correspondencia más precisa con la experiencia, por esto no es verdadera o falsa.

El uso del símbolo es una manera de hacer simple el fenómeno representado, en tanto que en el fenómeno se observa una especie de cúmulo de propiedades que con el símbolo se identifican y es más fácil prestar atención a propiedades concretas que al cúmulo de éstas o al fenómeno en conjunto. Del símbolo se puede decir que es apto o no para representar parte del fenómeno, en este sentido el símbolo no es ni verdadero ni falso, es aproximado, lo cual se debe a que el símbolo puede llegar a ser menos apto para representar la realidad, esto pensando en que la ley se puede mejorar y adaptarla mejor a la experiencia, siendo así, el símbolo cambiará, por ello se menciona que es aproximado y es apto mientras existe una adecuación entre lo empírico y el símbolo.

Duhem explica que una ley, es *un relato simbólico cuya aplicación a la realidad concreta exige que se conozca y acepte todo un conjunto de teorías*<sup>7</sup>. Esta noción alude a varios elementos que se han estado mencionando, en parte, al comienzo de éste de capítulo. En primer lugar nos dice que una ley científica se trata de un relato simbólico, es simbólica porque se trata de una serie de proposiciones matemáticas, con las cuales se explica el fenómeno, tal como se vio con las leyes de Kepler. Dicha simbolización es aproximada en tanto que no se trata de que el símbolo sea verdadero o falso, sino más bien de que el símbolo pueda representar de la mejor manera un fenómeno, pues en la realidad no estamos tratando con el símbolo sino con un objeto que al tener una figura, la podemos sustituir por un círculo. Por ejemplo, expresar la trayectoria del sol puede hacerse mediante ecuaciones. Imaginemos, que no nos contentamos con las informaciones que nos proporciona esta ley del sentido común:

En París, el sol sale todos los días por el este, asciende en el cielo, después desciende y se pone por el oeste. Recurrimos a las ciencias físicas para obtener una ley precisa del movimiento del sol visto desde París, una ley que indique al observador parisino cuál es la posición que ocupa el sol en el cielo en cada instante. Para resolver el problema, las ciencias físicas no recurrirán a las realidades sensibles, al sol tal como lo vemos brillar en el cielo, sino a los símbolos mediante los que las teorías representan esas realidades. El sol real, con todas las irregularidades de su superficie y con las inmensas protuberancias

---

<sup>7</sup> DUHEM, *Op. Cit.*, p. 221.

que presenta, lo sustituirán por una esfera geométrica perfecta, e intentarán determinar la posición del centro de esta esfera ideal; o, mejor dicho, intentarán determinar la posición que ocuparía ese punto si la refracción astronómica no desviara los rayos del sol y si la aberración anual no modificara la posición aparente de los astros. Y, para que este símbolo se corresponda con la realidad, hay que realizar mediciones complejas, hay que hacer coincidir los bordes del sol con los hilos de un retículo provisto de un micrómetro, hay que efectuar múltiples lecturas sobre transportadores de ángulos, lecturas que han de ser objeto de numerosas correcciones, y hay que desarrollar además cálculos largos y complejos cuya legitimidad deriva de las teorías admitidas: de la teoría de la aberración y de la teoría de la refracción atmosférica.

Ese punto, simbólicamente *denominado centro del sol*, no lo determinarán aún nuestras fórmulas. Lo que harán las fórmulas será determinar las coordenadas de ese punto, por ejemplo su longitud y su latitud, coordenadas cuyo sentido sólo se comprende si se conocen las leyes de la cosmografía, cuyos valores sólo designan en el cielo un punto que el dedo puede mostrar, o que el anteojo puede contemplar...

De modo que podremos representar perfectamente la trayectoria del sol mediante una infinidad de leyes diferentes. Esas distintas leyes se expresarán mediante ecuaciones.<sup>8</sup>

El ejemplo citado nos muestra algunas de las fases que ya hemos mencionado, vemos cómo al partir de la experiencia, del sentido común, se pasa a un ámbito más abstracto en donde se traduce lo empírico a lo simbólico, símbolos que servirán para construir una ecuación y la teoría; mismos que no se eligen arbitrariamente, sino que están sustentados por la teoría. En el ejemplo citado se trata de representar la trayectoria del sol, así que lo que interesa es hacer abstracción del movimiento de éste, para saber su posición a cada instante, así que para simbolizar tal movimiento se utiliza la geometría, como nos dice el autor, se sustituye el sol por una figura geométrica, el círculo y se posiciona éste, igualmente, en un espacio geométrico, pero además se va dotar de movimiento tal figura. Al observar la trayectoria del sol, habrá que recopilar datos, como mediciones y hacer, posteriormente cálculos de los datos obtenidos. Además, se ha de considerar en este mismo ejemplo la otra parte de la noción que hace referencia al conocimiento y a la aceptación de la carga teórica, información que hay que tomar en cuenta como la refracción atmosférica que es el cambio en la trayectoria del rayo de luz y la noción de aberración anual que básicamente consiste en tomar en cuenta el movimiento de la tierra, por lo que al observar el objeto, en este caso el sol, hay una pequeña diferencia en su posición real.

---

<sup>8</sup> DUHEM, *Op. cit.*, pp. 223-224.

Otra característica relevante que hay que mencionar sobre la ley científica es que, además de aproximada, es provisional y relativa. Esto se debe a que la representación del fenómeno resulta suficiente para el científico sólo mientras no surja otra representación mejor. En este sentido es provisional, pues se había dicho que un símbolo puede ser más apto o menos apto para representar al fenómeno, entonces mientras no surja algún inconveniente con el símbolo o con los símbolos empleadas éstos continuarán siendo aptos, pero si se presentara el caso en que el símbolo ya no funciona para representar el fenómeno, entonces ha de sustituirse por otro que logre captar con mejor exactitud lo empírico. Esto puede suceder en la ciencia cuando se acuerdan márgenes de error admisibles, este margen de error es el límite de qué tanto se aproxima o se aleja cierta ley del aspecto empírico; si éste se supera, entonces se considera que se aleja de la experiencia. Esta aproximación depende en gran medida del avance de los instrumentos utilizados para medir u observar el fenómeno, mientras más se perfeccione el instrumento más exacto serán los cálculos. Tal como sucede con los telescopios, actualmente existen telescopios con tamaños mucho más grandes que en una época como la de Galileo, entre más grande el telescopio, las observaciones son más precisas, lo que da lugar a una exactitud mayor que con el telescopio antiguo.

De acuerdo con esto, una ley es provisional porque puede cambiar el margen de error, aun así, aunque aproximada y provisional siempre se trata de que exista una correspondencia con la experiencia y lo que se pretende es que esta correspondencia cada vez sea mayor. También hemos visto que la ley es simbólica y llegará un momento en que el símbolo *ya no sea capaz de representar la realidad de manera satisfactoria* y habrá que buscar en dónde se haya el error para cambiar el símbolo hasta que éste corresponda con la parte empírica, ello se debe justo por el margen de error mencionado que puede ir cambiando a medida que los instrumentos se perfeccionan.

Es relativa, en el sentido de que la representación puede funcionar para el uso de un científico, mientras que para otro científico puede serle insuficiente porque no satisface el uso que el otro científico quisiera darle y esto se debe a que distintos científicos pueden atender a teorías distintas y darle otro sentido al objeto. El atender a teorías distintas se debe al tipo de carga teórica que cada uno tenga, así la interpretación y significación construida para el

fenómeno, depende de esta carga teórica. Duhem ilustra claramente esto del siguiente modo:

Teniendo en cuenta la siguiente ley “Todos los gases se comprimen y se dilatan de la misma manera” y si se le preguntara a distintos físicos si el vapor de yodo rompe con esta ley, obtendríamos conclusiones distintas: uno de los físicos sostiene a partir de otras teorías que el vapor de yodo es un gas único y, por tanto, de la ley anterior extrae esta consecuencia: la densidad del vapor del yodo en relación con el aire es constante. Ahora bien, la experiencia demuestra que la densidad del vapor de yodo en relación con el aire depende de la temperatura y de la presión. Así que este físico concluye que el vapor de yodo no se somete a la ley enunciada. Mientras que otro físico, considera que el vapor de yodo no es un gas único, sino una mezcla de dos gases, polímeros el uno del otro y susceptibles de transformarse uno en el otro. Siendo así, la ley antes citada ya no exige que esta densidad varíe con la temperatura y la presión. Así que él concluye que el vapor de yodo no es una excepción a la ley antes enunciada<sup>9</sup>.

Las distintas conclusiones de ambos científicos se deben a que entienden la noción de “gas único” de modo diferente, pues las teorías a las que recurren dan distintos sentidos a esta noción, ello quiere decir que están interpretando de distinto modo un hecho debido a su carga teórica y el tipo de nociones que acepten incurre en la interpretación que den, así como en sus conclusiones. Por ello, la ley científica puede ser relativa. Se observa cómo el cambio de nociones dirigen otro tipo de interpretación y con ello a enunciar leyes distintas. Esto además muestra que el significado de la ley es otorgado por el científico, lo que es de relevancia tener en cuenta, pues muestra que dentro de la representación de las leyes existe también una intencionalidad, porque el significado del constructo representacional, depende de las leyes que él acepte. Ya anticipábamos parte de esto, que la manera en que se interpreta depende de la carga teórica con la que cuenta el científico.

Con anterioridad se ha mencionado la aplicación del símbolo matemático al fenómeno y hemos visto que se busca que los símbolos representen alguna

---

<sup>9</sup> Cfr. DUHEM, *Op. Cit.*, pp. 220-221.

propiedad específica del mismo, por ello el proceder científico es más exacto porque no se fundamenta únicamente en el aspecto empírico sino que hace uso de la matemática para racionalizar y sintetizar el fenómeno. Esta racionalización del fenómeno es el cambio que se exponía con anterioridad, al ir de lo empírico a lo teórico, tratando el fenómeno con abstracciones matemáticas que permiten analizar su estructura y de un montón de datos empíricos se logra obtener sus relaciones principales, a esto nos referimos con sintetizar el fenómeno. Para esto el científico puede apelar a nociones y teorías que ya conoce, lo cual le permite dar una interpretación sobre el fenómeno.

Retomando la definición de *ley* hecha por Duhem precisemos la noción de representación que se ha estado repitiendo. La *ley* es definida como un “relato simbólico”, este relato se puede entender como un constructo simbólico que está condensando los atributos o propiedades del fenómeno y sus representaciones han de ser representaciones significativas que logran conservar, en la representación, el contenido empírico; esta conservación entre un dominio y otro, es decir entre el empírico y su representación postula que en ésta hay una preservación estructural. Por ejemplo, cuando se mencionó la medición, como parte de la obtención de datos, se trataba de un sistema relacional empírico que pudiera ser representado por un sistema relacional numérico. Un sistema relacional empírico, entiéndase como las de relaciones que se hayan en el fenómeno; para analizar estas relaciones se necesita de otro tipo de sistema que nos haga entender las relaciones existentes por medio de símbolos –en este caso el número– al emplear la medición y se necesita de este otro sistema porque ya hemos expuesto la complejidad con que se muestra el objeto empírico únicamente ante el sentido común. Por ello, la ley es un sistema relacional simbólico.

En el caso de la ley o leyes se trata de representar varios símbolos diferentes, hasta encontrar una fórmula que considere cada representación simbólica, pero para ello hay que saber relacionar cada una de estas leyes y en esta relación se ubica un segundo nivel representacional que permite llegar a ciertas deducciones del fenómeno representado.

Fijemos la diferencia entre un nivel y otro, en la ley se condensan las representaciones de diversas propiedades que se involucran en el fenómeno; en el segundo nivel, veremos cómo a partir de relacionar las leyes, se obtienen

principios que permite hacer deducciones matemáticas. En este segundo nivel, veremos que se trata con más de una representación, con representaciones de representaciones.

### **1.3.3) Formulación de la hipótesis: segundo nivel representacional**

Una hipótesis es un sistema de suposiciones que conectan las leyes, formando principios. De tal modo que las hipótesis son principios que se obtienen de la relación de algunas proposiciones dadas en la ley. Dichos principios se obtienen también por la matemática, en la hipótesis se relacionan los símbolos que se abstraieron para formar las leyes.

Estos principios sirven para poder hacer deducciones y sobre estos fundamentos es que se construye la teoría. Es en esta parte donde se encuentra el segundo nivel de la representación. Se considera el segundo porque se trata de la representación de otras representaciones, ya que la primera se obtuvo al formular la ley científica, tras obtener la representación de los datos observacionales. Estas hipótesis van a servir de base a la teoría científica. En ésta se encuentran las operaciones matemáticas, con las cuales se obtendrán consecuencias o cálculos que han sido derivados de la experiencia.

Para poder elegir qué hipótesis es la mejor, hay que atender a ciertas condiciones de la lógica. Duhem nos expone tres condiciones para esta elección:

- 1) Consiste en que no ha de ser contradictoria en sí misma.
- 2) Las hipótesis tampoco deben ser contradictorias entre sí. La teoría debe mantener una unidad lógica, lo cual evita que existan demasiados modelos dispares.
- 3) Por último está la deducción matemática, que con ésta se puedan obtener las consecuencias más aproximadas de las leyes experimentales. De tal manera que si de una teoría se extrae una consecuencia contradictoria con la ley observada, ésta ha de ser rechazada. Para esto se deben comparar y tomar en cuenta tanto la representación teórica como la parte empírica; en esto ha de existir una correspondencia que indica, que en efecto la ley se cumple y que la

teoría representa adecuadamente al fenómeno.

Es importante que se cumplan estas tres condiciones dadas por la lógica, ya que finalmente la teoría se fundamenta lógicamente, dicho de otro modo su estructura es lógica y ayuda a relacionar y ordenar cada símbolo, hasta obtener un constructo simbólico completo, esto es un constructo con la misma estructura lógica o con las mismas relaciones lógicas descubiertas en el fenómeno.

Antes de considerar esta elección, hay que formular una serie de suposiciones que tienen como objetivo ordenar las leyes y clasificarlas, pues se ha definido a la hipótesis como un sistema de suposiciones. Aquí se lleva a cabo una comparación entre los resultados del experimento y las hipótesis fundamentales, hay que tener en cuenta que al realizar tal comparación se considera todo el sistema observacional, es decir la parte experimental y todo el sistema teórico. Dicha comparación le dice al científico si hay una correspondencia entre los datos de observación que ha trabajado y las representaciones dadas por el científico. De esto se espera obtener una serie de principios que concluyan en una representación simple, (simple, en el sentido de que esta representación no tenga demasiados constructos simbólicos, pues lo que se busca es sintetizar el fenómeno con la menor simbolización, pero sin dejar de considerar aspectos del fenómeno que pueden ser importantes para su comprensión), también se espera que ésta sea clara y ordenada, lo cual favorece para la comprensión del fenómeno observado.

Lo que está involucrado en este segundo nivel representacional son las representaciones con las que se elaboró la ley, esto es, símbolos matemáticos que han de relacionarse lógicamente con las hipótesis fundamentales, el resultado de esta relación será otro constructo simbólico: la deducción matemática, por esto se menciona que se trata de las representaciones de otras representaciones, lo que ha sucedido, es que los hechos de la experiencia se han traducido en hechos teóricos y después de esta parte teórica, que implica una traducción matemática, se pasa a una segunda parte teórica que funciona para obtener determinadas consecuencias del fenómeno que se está estudiando. En esta traducción de hechos empíricos a la parte teórica, ha de existir una correspondencia en la que se está preservando la estructura empírica del fenómeno aun cuando este se ha sintetizado a



símbolos matemáticos y relaciones lógicas. El que se trate siempre con la misma estructura se debe a las relaciones lógicas halladas en el fenómeno que son traducidas a símbolos matemáticos y a operaciones matemáticas, tales operaciones matemáticas se tratan de relaciones lógicas, la suma, la multiplicación etc., no sólo son cálculos matemáticos son relaciones lógicas. Consideremos nuevamente los siguientes ejemplos de ecuaciones que se han puesto tanto en la de la gravedad:  $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$  como la de la tercera ley de Kepler:  $\frac{t^2}{r^3} = C$  Hay símbolos que están en relación. En la ecuación de la gravedad nos dice que un cuerpo está en relación con otro cuerpo, es decir hay atracción entre estos, y que estos están en relación con el cuadrado de la distancia que separa a estos dos cuerpos. En la ecuación de Kepler se encontró la relación T (periodo orbital) con R (la distancia media del planeta con el Sol).

Este tipo de ecuaciones u operaciones matemáticas funcionan para obtener cierto resultado obtenido a través del constructo simbólico, es decir a través de la operación matemática, que es la deducción. Con esta teorización se sabrá si este resultado corresponde con nuestra experiencia. Si la deducción matemática es correcta, se espera que a través de las hipótesis fundamentales en las que se basa la teoría, nos describa la experiencia de un modo concreto. Se habrá logrado una correspondencia entre las deducciones de la teoría y la experiencia.

Este proceso en la elección de hipótesis tampoco se obtiene de manera inmediata de la observación, pues como se ha repetido, de ésta se obtienen demasiados datos que pueden no ser claros ni precisos u ordenados. Por el contrario, la hipótesis se puede obtener a lo largo de mucho tiempo, ya que se requiere de un trabajo de interpretación sobre el sentido común, este se racionaliza a fin de obtener un constructo simbólico; por ello es importante la lógica y la deducción matemática, porque se espera que con esta exista la claridad y el orden que no se logra sólo con el aspecto de la experiencia. La interpretación es todo este proceso intelectual que consiste en matematizar el fenómeno, se interpreta a través de símbolos y teorías que ya se conocen y aceptan esto es de acuerdo a la carga teórica. A través de la interpretación hecha sobre el objeto empírico es que el científico se relaciona con el

fenómeno para poder entenderlo y explicarlo.

Considerando estos factores se muestra el por qué una teoría no se elabora de manera inmediata o directamente del sentido común, pues para conseguir una correspondencia entre el fenómeno y la teoría se puede pasar por este proceso una y otra vez, corrigiendo las hipótesis hasta alcanzar la mejor adecuación de la teoría.

Con todo lo anterior mencionado se continua viendo que el conocimiento del sentido común es diferente del conocimiento científico, aun cuando en ambos se comienza por la observación y se apela a la experiencia y como menciona Villoro: conocer no sólo se trata de ver cómo aparece el fenómeno en la aprehensión inmediata, sino de cómo es el objeto considerando tanto esas aprehensiones como la carga teórica, pero además para el caso del conocimiento científico, también es relevante la matemátización del fenómeno. Aspecto que diferencia el conocimiento científico del conocimiento del sentido común.

Habiendo establecido las leyes e hipótesis fundamentales, habrá que someterlas a prueba para verificar que el constructo simbólico representa de la mejor manera al fenómeno. Veremos que esta valoración de la teoría científica se lleva a cabo tanto empírica como teóricamente.

## II

### LA MATEMATIZACIÓN Y VALORACIÓN DE UNA TEORÍA CIENTÍFICA.

El experimento forma parte de la valoración de la teoría científica, con éste se constata que la teoría corresponda con el fenómeno.

Considerando el capítulo anterior sobre la construcción de la teoría científica, este constructo se corrobora con la experiencia del fenómeno analizado. Para ello, se toman en cuenta los nuevos elementos que se obtuvieron al analizar el fenómeno, recuérdese que estos son los elementos empíricos que han quedado simbolizados matemáticamente. Se trata de comparar las simbolizaciones matemáticas, con el fenómeno mismo. Lo que se comienza, en otras palabras, es la corroboración de la teoría –que no es otra cosa que un constructo simbólico– con el fenómeno.

Lo anterior implica volver a la experiencia, el científico regresa, en parte, al punto donde partió la primera vez que se relacionó con el fenómeno; se menciona que regresa “en parte” porque en este punto de la experimentación ya no observa al fenómeno como la primera vez, cuando aún no contaba con la nueva carga teórica del fenómeno. Esta nueva carga teórica la ha obtenido a partir de todo el análisis anterior, que se desarrolló en el primer capítulo, incluso a partir de algunas teorías científicas que posiblemente sostienen al nuevo constructo simbólico, por lo que ésta nueva carga teórica es enriquecida por el nuevo conocimiento, adquirido por las deducciones dadas entre las relaciones de los símbolos matemáticos.

En el capítulo anterior se mencionó la carga teórica como las creencias con las que el científico se acerca a conocer al fenómeno, como otras teorías científicas o datos recopilados por otros científicos.

Después de haber construido el nuevo constructo simbólico se adquirió información nueva, que no se encontraba en las teorías o datos anteriores, por ello, se considera como una carga teórica enriquecida, en tanto que ya no sólo se basa en las primeras creencias con las que comenzó a analizar el fenómeno.

Este nuevo conocimiento es a partir de las abstracciones matemáticas del fenómeno, lo cual se desarrolló específicamente durante la formulación de la

ley e hipótesis científicas. Se vio cómo a partir de las simbolizaciones matemáticas se formulaba una ley o leyes científicas, estas leyes científicas forman parte de una carga teórica enriquecida por las simbolizaciones matemáticas, pues le otorga al científico un nuevo conocimiento que anteriormente no tenía, ya que en un principio sólo contaba con sus creencias justificadas por otras teorías científicas. Lo mismo ocurre con la formulación de la hipótesis. Dado que la enunciación de ésta es el producto de haber relacionado las leyes científicas, con ésta también se adquiere nueva información sobre el fenómeno.

Con lo anterior se diferencia entre dos tipos de carga teórica: la primera se desarrolló en el primer capítulo y como ya se ha mencionado son las creencias con las que ya cuenta el científico sobre el fenómeno.

En este segundo capítulo se menciona otra carga teórica que se diferencia de la primera, porque ésta contiene todo el razonamiento obtenido sobre la nueva teoría científica, por ello es enriquecida, porque contiene elementos que se descubrieron conforme se construía el constructo simbólico, mismos que ha de considerar para su corroboración, pues lo que se busca es que éstos correspondan con el fenómeno.

Para dicha corroboración se ha dicho que se vuelve a la experiencia y un elemento de ésta es hacer uso nuevamente de la observación para verificar que todo el análisis científico sobre el fenómeno sea correcto.

Se puede decir que para conocer al fenómeno, se inicia con la observación y se concluye con la misma, empero la última observación ya está impregnada de la carga teórica enriquecida y ésta es con la que se concluye algo sobre el objeto estudiado. Hay detrás todo un trabajo de análisis exhaustivo que implican varios elementos para experimentar científicamente con el fenómeno; varios de estos elementos ya los hemos mencionado al exponer la construcción de la teoría científica estos son: la observación (científica), la medición, la interpretación, la carga teórica del científico, las leyes y las hipótesis, durante la experimentación han de considerarse nuevamente verificando que en la teórico se preserve lo empírico.

El objetivo de la experimentación es corroborar la teoría, ello quiere decir que

en este constructo simbólico, se represente la parte empírica por medio de las simbolizaciones matemáticas que se mencionan durante el primer capítulo. El que se logre corroborar exitosamente la teoría científica por medio de la experimentación, quiere decir que lo empírico sí se está representando adecuadamente con la matemática. Para poder realizar dicha experimentación se presentan varios elementos que la componen. Entre estos un aspecto principal de la experimentación es el volver a la empiría para valorar el constructo científico. En este “volver” se involucran los elementos como, la metrización, el instrumento que utiliza el científico para examinar el fenómeno, que de alguna manera éste sirve como intermediario para examinarlo; y el aspecto de la predicción. Si con la teoría se logra predecir el fenómeno, ésta ha de ser aceptada. Son elementos que constituyen la experimentación del fenómeno y que a su vez le dan valor a la teoría, es decir, con estos elementos se corrobora que la teoría funciona.

Por otra parte, en este “volver” a la empiría hay que considerar que para este momento ya se cuenta con una estructura simbólica del fenómeno, con un constructo simbólico que representa las propiedades del fenómeno. Durante la experimentación se debe constatar que dicha estructura corresponde con la estructura empírica del fenómeno. Es decir, el constructo simbólico representa la estructura del fenómeno. Lo que se pretende es que en este constructo simbólico se preserve lo empírico del fenómeno, lo que se puede lograr al relacionar lógicamente y matemáticamente las propiedades del fenómeno. Se trata de una estructura lógica porque ésta le otorga un orden a las propiedades, con lo que es posible relacionarlas. Estas relaciones se representan matemáticamente. Lo cual se desarrolla en este capítulo ejemplificándolo con la representación de la *ley de la caída*, estudiada en principio por Galileo, después por Beeckman y Descartes. Con este, se hace visible la estructura empírica del fenómeno en contraste con la estructura lógica y matemáticas, esto es, con el constructo simbólico.

El que se pueda corroborar la matemátización de la teoría con la experiencia nos ayuda a mostrar una parte de la objetividad de las teorías científicas, pues así las deducciones obtenidas no dependen enteramente del sujeto sino de deducciones y estas deducciones son resultado de la lógica y la matemática.

Lo que se quiera dar a entender es que estas relaciones, esta composición de la estructura del fenómeno (composición compuesta por la lógica y la matemática) son independientes del sujeto.

En este sentido, el experimento nos dice que las teorías funcionan independientemente del fenómeno, por ello interesa indagar en la valoración de las teorías científicas.

El que se descubran las relaciones halladas en el fenómeno es gracias a que se han identificado sus características, propiedades y relaciones. Se puede decir que se está preservando “el comportamiento” del fenómeno a través de relaciones simbólicas y lógicas. Este comportamiento hace referencia a la parte de la empiría, pues un fenómeno que se nos presenta o que observamos no permanece fijo, hay un transcurrir en él, algo que sucede: si presenciamos un eclipse lunar, lo que estamos observando de inmediato es que la Luna va oscureciendo y que puede tomar un tono rojizo. Cuando se analiza más y mejor este hecho, se sabe que se debe a la alineación de la Tierra con el Sol y la Luna, de modo que la Tierra se interpone entre éstos dos, así nuestro planeta bloquea los rayos solares. Igualmente si observamos un cometa, lo que se ve es su transcurrir en el cielo con ello se puede cuestionar ¿por qué ocurren? ¿qué son los cometas? ¿Cómo es su trayectoria? Entre otras interrogantes. También si nos percatamos que en la Tierra todo objeto tiende a caer, estamos observando que algo ocurre, pero qué pasa con los cuerpos celestes, por qué estos no se caen, por qué la Luna no se cae a la Tierra. Con estos simples ejemplos se pretende hacer notar que un fenómeno es aquello que presenciamos, el cual nunca es estático, algo ocurre en él que llama nuestra atención de tal manera que tendemos a preguntarnos ¿por qué ocurre de tal modo? Es decir, queremos entender y comprender el comportamiento del fenómeno y para ello es inevitable tratar con la experiencia misma, pero esta experiencia del sentido común ya se ha visto que se racionaliza, se traduce a símbolos y a relaciones entre esos símbolos para formar un constructo simbólico.

## 2.1) Experimentación científica

Para exponer la cuestión de la experimentación que está referida al modo en que la experimentación le da valor a las teorías científicas, mencionaremos qué se entiende por experimento, en la ciencia, apoyándonos en la definición de Pierre Duhem. Con esta definición se pretende aclarar la diferencia entre el experimento ordinario y el científico.

Posteriormente se desarrolla el modo en que el instrumento científico y la predicción funcionan para valorar la teoría científica.

Cabe mencionar que aunque el experimento que a continuación se menciona es del área de la física, no por ello se limita sólo a esta disciplina, también puede extenderse a otras ciencias: la astronomía por ejemplo. Lo que se pretende hacer notorio es que esto no sucede así sólo en la física sino que las relaciones lógicas están presentes en todo fenómeno. Duhem define el experimento del siguiente modo:

Un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la interpretación de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que les corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador.<sup>1</sup>

Exploremos esta noción de experimento hasta ver los elementos involucrados. Primeramente nos dice que se trata de una “observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la interpretación” esta observación es precisa en tanto que no se trata de la observación del sentido común, hay que recordar que con el sentido común se considera al objeto sólo de modo inmediato. La observación del sentido común es tan directa que no existe una interpretación científica, la cual es importante para poder ver las relaciones existentes en el fenómeno, con ésta se puede entender mejor la estructura del objeto empírico. Se entiende por relación cuando existe una conexión entre dos o más cosas, de tal modo que éstas se complementan, van unidas. Se puede hablar de diversos tipos de relaciones, el tipo de relaciones que competen por el momento en la presente investigación son las del tipo lógico, referidas a la teoría científica. Por otra parte, el objetivo de la lógica, siguiendo el mismo

---

<sup>1</sup> DUHEM *Op. Cit.*, p. 193.

horizonte de la teoría científica, es proporcionar estas relaciones ubicadas en la estructura del fenómeno. Al lograr establecer relaciones con la lógica se intuye que además también se ha de seguir un orden de una cosa respecto a otra, ya que si dos cosas se encuentran relacionadas es porque ambas comparten algo, se identifican una con la otra. Dicha identificación surge siguiendo un orden es decir, si A está relacionado con B, es porque en ambos existe una correspondencia. Si A no puede estar en relación con B es porque no les corresponde tal orden. Este orden se logra descubrir con la lógica para relacionarlos de la mejor manera. Para aclarar este punto considérese el siguiente ejemplo, visto desde la ciencia, en concreto nos situamos cuando está por gestarse la ley de la inercia.

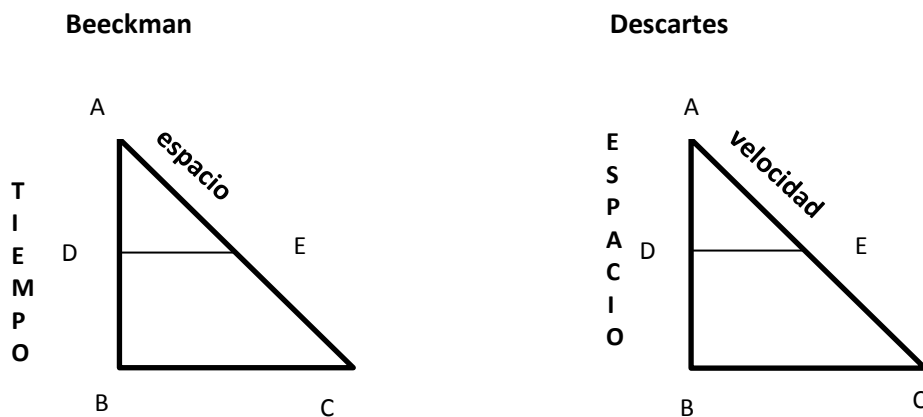
Cuando el científico analiza el fenómeno, descubre nociones o variables que están relacionadas en el fenómeno. Estas relaciones sirven para poder deducir un cálculo sobre el fenómeno. Por ejemplo, mientras se estudiaba la ley de la caída y aún no se conocía del todo la ley de la inercia, uno de los problemas a los que se enfrentaron varios científicos, entre ellos Galileo, Descartes y Beeckman, era que no podían o no concebían matematizar el tiempo, para darle solución al problema de la caída. Lo que Galileo había comenzado a analizar era sobre el tipo de movimiento de los cuerpos cuando caen, mejor dicho le interesaba encontrar un principio con el cual describir las leyes de la caída. Tras su análisis, Galileo establece una relación, abstracta, entre el incremento de velocidad del móvil y la distancia recorrida o la altura. De acuerdo con esto Galileo concluye que “la velocidad del móvil en caída libre es proporcional a la distancia recorrida”<sup>2</sup> lo cual además parecía corresponder con la experiencia. Posteriormente Descartes, al estudiar la misma problemática que Galileo, también va a considerar dentro de su principio la relación entre la velocidad y la trayectoria. Por otro lado, Beeckman también tenía nociones sobre la atracción, la aceleración y la ley de la conservación del movimiento. Lo que sucedía con él es que no lograba entender el problema de la caída acelerada de los graves, matemáticamente. Para él, la caída es un tipo de movimiento en el cual existe una meta natural, que es la tierra; a diferencia de Galileo que concebía el movimiento con la capacidad de ser indefinido. En

---

<sup>2</sup> KOYRÉ, Alexandre, *Estudios galileanos*, Siglo veintiuno, España, 1977, p. 78



concreto, Beeckman quería comprender por qué cuando un cuerpo cae al vacío, va incrementando su velocidad. Ante esto, Beeckman acude a Descartes, brindándole como principio la conservación del movimiento. A diferencia de Descartes, en donde él se fija en la trayectoria o espacio, para Beeckman es el tiempo; y donde Descartes ve el movimiento recorrido, Beeckman lo representa como espacio. El siguiente esquema muestra las diferencias mencionadas entre Beeckman y Descartes.



Como Descartes hasta este punto aún no logra comprender la importancia del principio de Beeckman, no lo considera y lo sustituye por el de fuerza. Lo cual implica que la velocidad constante, depende de la fuerza constante.

Con este error por parte de Galileo y Descartes, el cual consistió en no matematizar el tiempo y en su lugar, matematizar el espacio, se pretende ilustrar que las relaciones establecidas por cada uno, a pesar de ser muy similares, no se llega a la ley de inercia como se conoce hoy en día. La relación que habían visto tanto Galileo como Descartes no corresponde del todo con el fenómeno. Por parte de Beeckman su único problema fue no haberse dado cuenta de por qué su principio estaba bien establecido, pues le hacía falta el razonamiento matemático.

Hoy sabemos, que lo correcto es que la velocidad del móvil está en relación con el tiempo, pues en ese caso el tiempo está implícito en el movimiento. En otras palabras, el movimiento depende del tiempo y no de la distancia o espacio recorrido por el móvil.

De acuerdo a la mencionada noción de relación véase cómo se identificaron propiedades del fenómeno que se encuentran relacionadas y por tanto ordenadas: la velocidad está relacionada con el tiempo. Se ha mencionado que al haber establecido un orden distinto como el de la velocidad con el espacio o trayectoria, hubiera dado un principio diferente y menos adecuado al fenómeno, lo que quiere decir que no habría correspondencia entre lo teórico y el fenómeno.

Esta relación con el tiempo, es un aspecto que no parecía evidente al sentido común pues, tal como nos enseña Koyré, resultaba más sencillo matematizar la distancia, con una vertical, que imaginar el tiempo, es decir matematizar el tiempo. En la noción de tiempo se está preservando parte empírica del fenómeno, a saber, el movimiento dado cuando un grave cae.

En el esquema de arriba, se están involucrando tanto aspectos empíricos como teóricos. Las relaciones establecidas por Beeckman se presentan a partir de abstracciones matemáticas. El espacio y movimiento está representado por un triángulo isósceles: ABC. En este mismo triángulo se representa el tiempo (en Beeckman), vinculando la línea que va de A a B. Esto es una relación que se efectuó matemáticamente, a partir de las propiedades del fenómeno –tiempo y espacio–.

Lo que se logra con la lógica en esta abstracción es poder ordenar las propiedades del fenómeno. Estableciendo este orden, es posible relacionar, matemáticamente, las propiedades halladas. Nótese que tal como en el esquema, el fenómeno no se nos presenta de este modo. El esquema ya nos habla de una abstracción matemática del fenómeno.

Con lo anterior se comprende que hay aspectos que no son evidentes al sentido común, requieren más bien de una observación científica y del intelecto para poder ver lo que no es evidente al sentido común, para esto el científico también recurre a nociones y a otras teorías científicas, lo que anteriormente se ha estado llamando como carga teórica. En el ejemplo señalado, uno de los principios por el cual se guía Beeckman es que, debido a las leyes de Kepler, él ve la caída como el resultado de la atracción terrestre sobre el cuerpo y ello

influye en cómo se representa el fenómeno<sup>3</sup>.

Es una observación pero impregnada de la carga teórica, también ya se ha mencionado que la interpretación del fenómeno depende en gran medida de esta carga teórica. Para llegar a la observación científica, se han empleado símbolos, así como las relaciones entre estos; el uso de símbolos implica saber utilizarlos adecuadamente, es decir saber interpretarlos y saber relacionarlos entre sí, el cómo se interpreten va depender de otras teorías que sustentan el uso del símbolo y la relación entre estos también depende de las teorías y de las operaciones matemáticas, ya que lo que se representa con la relación de símbolos son operaciones matemáticas y relaciones lógicas.

Decíamos, algunas líneas atrás, que existe una conexión entre lo empírico y lo que es descubierto teóricamente. En lo empírico se tiene lo que se puede observar a partir del sentido común y en lo teórico se involucra un trabajo intelectual, en el cual se ha de interpretar lo que se observó, por ello Duhem explica la experimentación en dos partes: observación e interpretación.

La observación es el punto de partida para comenzar a analizar el objeto empírico, ya se ha tratado este punto, en donde hicimos la diferencia entre la observación cotidiana y la observación del científico. Se ha mencionado que se pueden observar un montón de datos sin tener claro cuáles serán los más relevantes para un análisis; cosa que el científico sí puede ir identificando. Recordemos el ejemplo mencionado en la sección *La formulación de la ley científica: primer nivel representacional*, en donde se expone que el modo en que se entiende el fenómeno, depende de la carga teórica que se tenga, esto quiere decir que si dos personas no atienden a la misma teoría, ambas personas observaran el fenómeno de distinto modo, porque sus interpretaciones son distintas. En esta sección se partía de la ley “Todos los gases se comprimen y se dilatan de la misma manera” y la discordancia entre un científico y otro era por el modo en que entendían la noción de “gas único” para un físico el vapor de yodo sí se trata de un gas único, mientras que para el otro no, ya que la teoría que describe tal noción, es distinta para cada científico. La carga teórica, varía en cada científico dependiendo del sentido con que

---

<sup>3</sup> Cfr. *Ibidem*, p. 98

consideren ciertas nociones, lo cual es producto de teorías que él de antemano acepta, y el que sean diferentes, influye no sólo en cómo se entiende el fenómeno sino también en el resultado obtenido a través de cada interpretación. En este punto de la experimentación ya no está referida sólo al sentido común; lo que se observa adquiere una interpretación dada a partir de la aceptación de otras teorías, esto es, de la carga teórica. Por ello, cuando dos científicos observen el mismo fenómeno, puede haber discordancia entre lo que observan.

Atendamos ahora lo que se entiende por interpretación. La interpretación es la manera en que se va a traducir el fenómeno para que sea entendido, en este caso por el científico, y explicado objetivamente. Ya se veía en el Capítulo I que la interpretación del fenómeno depende de la carga teórica del científico, de los principios de los que parte. Siguiendo con las diferencias entre Beeckman y Descartes, su interpretación del movimiento de la caída es distinta, pues Descartes sólo fija en la trayectoria, por lo que no considera el aspecto del tiempo. Para traducir este fenómeno se acude a un lenguaje matemático, se está pasando o traduciendo el lenguaje observacional a un lenguaje teórico. Justo de esto se trata la interpretación científica de traducir el hecho con símbolos que se relacionan entre sí. Esta traducción es con símbolos matemáticos, lo que se pretende con tal traducción es entender qué es lo que está sucediendo en el fenómeno, y para ello como se ha visto se acude a la lógica y a la matemática. Con la lógica se va a rescatar el orden y las relaciones de la estructura del objeto empírico y con la matemática mencionábamos que se lograba simbolizar el fenómeno para poder sintetizarlo y así ubicar sus propiedades esenciales en lugar de tener una idea general sobre todo el hecho. Además de, una vez matematizado el fenómeno, con ello se puede hacer cálculos, con lo cual se obtienen resultados o predicciones sobre el fenómeno. Otro aspecto central de la lógica y la matemática, en relación con lo dicho sobre la interpretación, es que garantizan la objetividad de tal interpretación. Es un asunto central en tanto que, como se mencionaba en el ejemplo de los gases, mencionado en el capítulo anterior, puede haber diversas interpretaciones y no saber cuál sería la mejor, para ello se necesita una sola interpretación que se ajuste correctamente con el fenómeno, una interpretación que sea objetiva.

¿Se podría interpretar el fenómeno sin acudir a esto? Sí es posible, pero el resultado de ello puede no ser preciso, exacto, el resultado que se obtendría sería una interpretación hecha a partir del sentido común porque no se cuenta con las abstracciones matemáticas del fenómeno. Si se quiere conocer lo mejor posible el fenómeno, habrá que analizarlo y someter tal interpretación a pruebas que constaten que dicha interpretación es la más apegada a lo que es el fenómeno en sí, o bien a la estructura del fenómeno. Se trata de pruebas racionales, ello quiere decir que tal interpretación está justificada no sólo en lo captado por el sentido común sino que ya hubo todo este proceso intelectual. Si se quedara únicamente con el sentido común sólo se vería, por decirlo de alguna manera, por encima del fenómeno sin lograr ver la estructura por la que está formado. Esta estructura consta de relaciones lógicas y para verlas con el intelecto también se acude a la matemática, para hacerlas visibles. Poder dilucidar esta estructura, puede tardar mucho tiempo, pues se pasa por todo este proceso de la construcción teórica, que es el que se ha estado tratando. Sin embargo, es posible dilucidar esta estructura racionalizando el fenómeno, a través del intelecto, tal como los esquemas vistos anteriormente de Beeckman y Descartes. Se racionalizó el fenómeno y lo que se obtuvo de éste fueron sus propiedades y el poder visualizar el fenómeno matemáticamente.

Con esto ya se pueden vislumbrar algunas diferencias entre el experimento cotidiano y el experimento científico, la principal es el aspecto interpretativo, pues como ya se ha dicho, depende de las teorías que el científico acepte. En una experimentación ordinaria no se involucra una interpretación teórica, lo único que se tiene son diversos hechos interpretados a través del sentido común. La interpretación científica implica todo el trabajo intelectual que consiste en descubrir la estructura lógica del fenómeno y ello se logra matematizando el fenómeno para lo cual se emplea la carga teórica del científico, como la aplicación correcta de símbolos matemáticos para representar el fenómeno y las nociones de cada elemento identificado en el fenómeno. Para experimentar científicamente hay que tener una observación precisa, tal como nos ha enseñado Duhem, y este tipo de observación lo que la hace precisa y detallada es la interpretación que se le esté dando al fenómeno. Por ello se resalta este aspecto como el principal, dentro de la

experimentación, aunque también habría que mencionar como aspecto relevante lo que ya se mencionó al comienzo de este apartado, que el experimento científico sirve para corroborar que la teoría es correcta.

Esta diferencia hace que en ambos experimentos, científico y cotidiano, se obtengan resultados completamente distintos: uno será vago y disperso, en tanto que no se tienen nociones claras sobre las propiedades del fenómeno, pues éstas no son identificadas con precisión, lo que únicamente se tiene es el hecho concreto sin todo el proceso de abstracción ya mencionado antes, que involucra la matematización y simbolización del fenómeno, la relación entre éstos y el conocimiento total de otras teorías. Mientras que en el científico que experimenta está en juego una relación de nociones abstractas y simbólicas, que han de corresponder con la observación. Esta correspondencia se establece a partir de las teorías, con éstas se logra que los símbolos y nociones utilizadas adquieran sentido. Para verificar esta correspondencia o para tener la garantía de que realmente en la teoría se preserva el fenómeno, habrá que volver a observar el fenómeno, pero justo se trata de una observación científica, una observación precisa que forma parte del experimento; se debe experimentar con el fenómeno, volver a éste con toda la carga teórica que se ha conseguido tras el análisis del fenómeno, y así corroborar si el constructo simbólico corresponde con la experiencia.

Un punto importante en la interpretación teórica, es la sustitución de lo que se ha observado por constructos simbólicos. Estos constructos simbólicos son los que nos ofrece la matemática y sirven para ordenar, sintetizar los datos observacionales y poder determinar resultados o consecuencias del fenómeno estudiado por el científico. Lo que se logra con este desarrollo matemático, dentro del proceso de la teoría, es una economía del pensamiento que sucede al remplazar varias leyes que se pueden encontrar dispersas en el fenómeno, por un número menor de principios fundamentales.

Apelando a la interpretación, el científico logra como resultado del experimento un juicio del objeto, este juicio es posible gracias al empleo de nociones simbólicas, en éste expresa el fenómeno del mismo modo, abstracto y simbólico. Por lo que, su juicio corresponde con su constructo simbólico del fenómeno y no con la parte meramente observable de éste y posteriormente,

los resultados de la experimentación se concretan en leyes.

## **2.2) El papel de la medición como valoración de la teoría científica.**

En el Capítulo I se mencionó la medición como parte de la obtención de datos sobre el fenómeno u objeto estudiado; se ha mencionado también, en el mismo capítulo, como parte del primer nivel representacional (la ley) cuando se hablaba sobre la parte simbólica de éste. En ambos, la importancia de la medición se miraba enfocada a la formulación de leyes y en general a la formulación de la teoría científica. Desde esta perspectiva la medición permitía relacionar los hechos observables con el desarrollo matemático.

En esta segunda sección se vuelve a considerar el aspecto de la medición, pero ahora como una manera de valorar o contrastar la teoría científica, esto es al experimentar. Hablamos de que una vez abstraída la estructura del fenómeno con símbolos y las relaciones que éstos impliquen, habrá que constatar que realmente coincida con el fenómeno, que si se le dio cierta magnitud específica al fenómeno, realmente se puede verificar al tener una observación científica.

En este punto ya se cuenta con un constructo simbólico, con un constructo matemático del fenómeno es decir, ya se cuenta con la teoría terminada. Para corroborarlo, éste se tiene que comparar con los hechos experimentales. Con el aspecto de la medición se pretende ver que lo que se está haciendo es representar la parte empírica a través del número. Si las mediciones obtenidas son correctas, entonces a partir de éstas es posible hacer deducciones igualmente correctas sobre el fenómeno, es posible ver una relación entre una o más mediciones dadas y predecir el comportamiento del fenómeno.

Para explicar cómo la medición forma parte del valor de la teoría se explora la noción de medición. Esto con el fin de mostrar cómo ésta se relaciona tanto con la teoría como con la corroboración de la misma. Sin embargo la parte del razonamiento subrogatorio se expondrá a detalle en el Capítulo III, al exponer finalmente, los elementos de la objetividad del conocimiento científico.

Cuando se realiza la medición lo que se está haciendo es asignar números a

las cosas, estos números van a representar propiedades específicas del objeto, cuando esto es posible se está hablando de magnitudes. Una vez que se tiene una magnitud se estará obteniendo una cantidad determinada que se representará por medio de escalas numéricas. Se puede diferenciar entre dos tipos de medición:

- a) Medición directa: cómo su nombre lo indica se utiliza directamente sobre el fenómeno y para ello, se utiliza algún instrumento de medición, por ejemplo si queremos medir la temperatura, podemos utilizar el termómetro; si lo que se desea es medir una longitud no demasiado grande, se puede utilizar el metro o bien si se quiere saber el peso de algo, se utiliza una balanza. Nótese que en este caso el instrumento está en contacto directo con el objeto que se quiere medir.
- b) Medición indirecta: en esta no se tiene contacto directo con el fenómeno, sin embargo se puede hacer un cálculo a través de otros instrumentos o a partir de otro objeto que no es precisamente el que se está analizando, pero que puede estar en relación con éste. Un ejemplo de este caso en la ciencia, es la astronomía, pues para medir la distancia se utiliza como base la Unidad Astronómica (AU) que equivale a la distancia existente entre la tierra y el sol (150 millones de kilómetros). Evidentemente, para este caso no se utilizó directamente un instrumento para fijar esta distancia; lo que se utilizó fue el cálculo es decir, a través de la matemática se pudo deducir esta longitud.

La medición no sólo tiene como objetivo el hecho comparativo entre la teoría y la experiencia, sino que además se intenta obtener una precisión en la medición o bien que ésta aumente. Para que suceda tal cosa en ocasiones ha sido relevante el perfeccionamiento del instrumento con el que se está midiendo. Anteriormente ya se había dicho que el instrumento es el intermediario que pone al científico en relación con el objeto estudiado. Entre más se perfeccione el instrumento, mayor será la precisión de la teoría y el margen de error cada vez disminuirá más. Al respecto, Moulines presenta un ejemplo, en la astronomía:



A finales de la Edad Media y en el renacimiento se fueron perfeccionando los métodos e instrumentos de medición a simple vista, mejora que culminó con la figura de Tycho Brahe, quien perfeccionó los antiguos instrumentos y diseño otros nuevos. Después del trabajo experimental de Tycho, Kepler consideró que los desajustes cuantitativos del nuevo sistema heliocéntrico de órbitas circulares no podían ya ser explicados apelando a la escasa fiabilidad de los procedimientos y optó por proponer órbitas elípticas<sup>4</sup>.

Lo que se intenta mostrar con el ejemplo es el papel que tienen los instrumentos científicos en relación con la medición, el cual consiste en reducir el margen de error que puede ser admisible en las teorías. Esto sucede si el instrumento se puede perfeccionar y obtener mediciones o datos más precisos de los fenómenos.

El tener un sistema heliocéntrico con órbitas circulares, presentaba algunos problemas de ajuste que no concordaban con las mediciones de Brahe, teniendo en cuenta las órbitas circulares. En cambio, el proponer órbitas elípticas, las observaciones de Kepler se ajustaron más a las mediciones. En este caso la teoría acerca de que el movimiento de los planetas eran órbitas circulares se ajustó en parte por el instrumental utilizado y perfeccionado por Brahe y por ajustar estos datos observacionales con el fenómeno, es decir con el movimiento de los planetas, asunto que realizado por Kepler.

Nótese también que el asunto de la medición, para valorar la teoría científica está relacionado con la aplicación y fiabilidad del instrumento científico y a su vez con el hecho de poder reducir el margen de error admisible, no sólo con su aplicación, sino también con su perfeccionamiento.

El perfeccionamiento del instrumento científico está relacionado con la aplicación de teorías científicas, en tanto que para elaborar o inventar algún instrumento científico, se emplean teorías científicas. Por ello, se expondrá que la realización y aplicación del instrumento científico es otro elemento que se considera para contrastar o valorar la teoría científica.

El instrumento es, como se retomará en la siguiente sección, la materialización de la teoría científica, esto quiere decir que una vez construida la teoría de la luz, por ejemplo, y de la óptica, éstas se pueden plasmar al elaborar un

---

<sup>4</sup> DÍEZ José A., Moulines Ulises, *Fundamentos de Filosofía de Ciencia*, Ariel, Barcelona, 1997, p. 183

instrumento científico como el telescopio; y se está aplicando la misma teoría a éste, también así se otorga la corroboración de la teoría si se comprueba que el instrumento funciona.

En la siguiente sección vamos a ver que el uso de los instrumentos científicos también influye en la valoración de la teoría científica. Si se mejora el instrumento, como ya se mencionó líneas atrás, menor será el margen de error y habrá mayor precisión en la teoría.

### **2.3) Materialización de la teoría científica: el instrumento científico**

Se ha introducido en la sección anterior, que el instrumento permite que nos acerquemos al fenómeno para explorarlo de mejor manera y que está relacionado con la corroboración de la teoría porque puede otorgar una mayor precisión a los resultados del experimento.

A medida que los métodos experimentales progresan, va disminuyendo la indeterminación del símbolo abstracto que el experimento de física hace corresponder al hecho concreto. Muchos juicios simbólicos que, en una época, se consideraba que representaban bien un hecho concreto determinado, ya no se considerará, en otra época, que representan ese hecho con suficiente precisión. Por ejemplo, los astrónomos de un siglo aceptarán, para representar la posición del centro del sol en un instante dado, todos los valores de la latitud que no difieren entre sí más de 1', y todos los valores de la latitud que se incluyen en ese intervalo. Los astrónomos del siglo siguiente tendrán telescopios con una capacidad óptica mayor, transportadores de ángulos más perfectos y procedimientos de observación más minuciosos y más precisos. Entonces exigirán que las distintas determinaciones de la longitud del centro del sol en un instante dado y las distintas determinaciones de la latitud del mismo punto en el mismo instante concuerden en 10' aproximadamente.<sup>5</sup>

Se ha dicho que en cuanto más se perfeccione el instrumento, puede aumentar la precisión del experimento, pero este aumento de precisión no quiere decir que la teoría sea totalmente exacta, no sabemos si en un futuro el instrumento se perfeccione más y los márgenes de error señalados cambien hasta tal punto de encontrar un desajuste entre el constructo y el experimento. El margen de error marca un cierto límite que indica cuándo la teoría es

---

<sup>5</sup> DUHEM, *Op. cit.*, p. 227.

equivocada o cuándo es correcta. El que exista este margen de error quiere decir que los datos no siempre encajan con exactitud ante la predicción esperada, sin embargo, el que no haya tal exactitud no quiere decir que la teoría no corresponda con el fenómeno.

Este margen de error depende de la formulación de la teoría científica, pues una vez construida se espera que –si es posible hacer alguna predicción– los datos del fenómeno concuerden con los de la teoría. Por ello Moulines menciona que depende “de la idealización de las condiciones empíricas reales contenidas en las leyes involucradas en la contrastación”.<sup>6</sup> Es decir, dadas ciertas condiciones estipuladas a partir de las leyes e hipótesis, se esperan obtener ciertos resultados sobre el fenómeno que se han obtenido también tras haber hecho una serie de cálculos sobre los datos del fenómeno.

La relación entre el margen de error y la valoración de la teoría, es que siguiendo el margen de error estipulado, se va a contrastar la teoría científica. Posteriormente se presentará un ejemplo de un fenómeno astronómico, del cual se pudo predecir su aparición, este se trata del cometa Halley. Si éste cometa no hubiera aparecido en la fecha predicha, diciembre de 1758, pero hubiera aparecido dos años después, se considera que esta diferencia de dos años es admisible, en tanto que en la astronomía se ha investigado que aun cuando se puede calcular con precisión la órbita de un cometa de este tipo, deben considerarse más factores que pueden afectar las fuerzas gravitatorias. Factores que en su tiempo Newton no consideró al efectuar la ley gravitatoria, tales como las aceleraciones gravitatorias de los planetas principalmente de Júpiter y Saturno que pueden afectar el movimiento orbital del cometa.

Esta es una parte dentro del margen de error que tiene que ver con la idealización de la teoría. La otra parte está referida a la fiabilidad de los instrumentos científicos aplicados para corroborar la teoría. Se ha mencionado que a mayor perfeccionamiento del instrumento, la precisión de contrastación aumenta, y con ello se reduce el margen de error admisible.

El otro aspecto interesante del instrumento es que tanto su elaboración como su perfeccionamiento y aplicación también implica el conocimiento de otras teorías, es decir el instrumento conlleva una carga teórica, que permite saber

---

<sup>6</sup> MOULINES, *Op. Cit.*, versión pdf, p.182

para qué sirve tal instrumento y el momento adecuado para utilizarlo. Por ejemplo, al utilizar un telescopio se está confiando en la teoría de la óptica y ésta implica saber sobre los tipos de espejos y lentes, las leyes de la reflexión y leyes de la refracción, etc., así como los principios de la luz que se relacionan con las leyes de refracción. También se considera la formación de la imagen captada a partir de un lente. Toda esta carga teórica se utilizó para poder elaborar el telescopio. En este sentido lo que otorga los datos a través del instrumento son símbolos que han sido creados a partir de otras teorías, de tal modo que es gracias a la teoría que estos símbolos van a tener sentido. Dicho con otras palabras, el instrumento es la teoría concretizada.

En la imagen<sup>7</sup> derecha se presentan los distintos lentes que se utilizan para un telescopio refractor.

Nótese que para el utilizar distintos lentes se involucró, como se mencionaba, saber de óptica en conjunción con la ley de la refracción, así como tomar en cuenta a la geometría, para calcular la posición del objeto

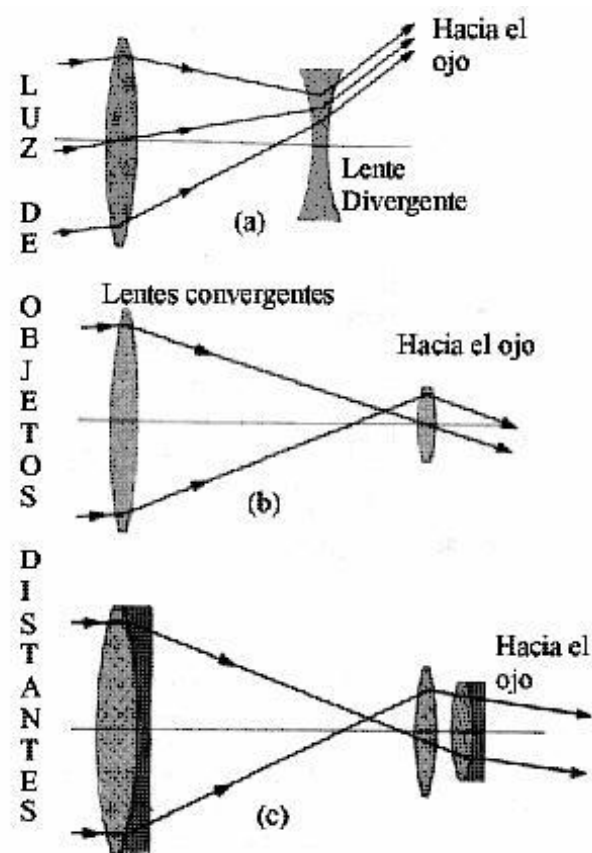
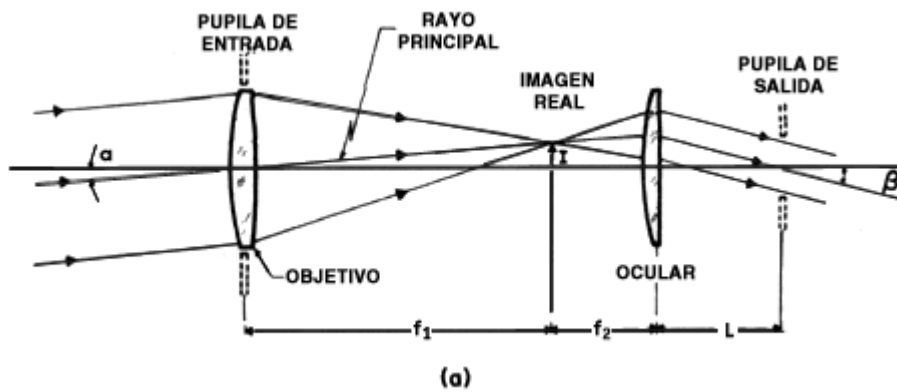


Figura 1.1 Arreglos de lentes; refracción de la luz. a) convergente-divergente, b) convergente-convergente, c) refractor astronómico moderno.

<sup>7</sup> <http://www.astroscu.unam.mx/~farah/telescopios/archivos/pdf/func.pdf>



En esta última imagen<sup>8</sup> se muestra la estructura de un telescopio y también se muestra que cada elemento señalado implica un conocimiento previo: una teoría y una relación entre estas. Por ejemplo, la “pupila de entrada” y la “pupila de salida”, éstas implican conocer la pupila de nuestro ojo y considerar que cuando observamos por el telescopio nuestra pupila puede tener una dimensión entre 5 y 7 mm, así que el diámetro de la pupila de salida es mayor a este intervalo, por lo que nuestro ojo no capta toda la luz.

La aplicación del instrumento sobre el objeto estudiado también es de relevancia, se debe saber cómo emplear esa herramienta para poder obtener los resultados correctos del objeto, o mejor dicho los resultados esperados a partir de una teoría que se busca comprobar, ya que en este punto el instrumento se está utilizando para corroborar la teoría; anteriormente, cuando se está en el proceso de la formulación teórica, se utilizó para la obtención de datos.

Estos resultados obtenidos con ayuda del instrumento científico son los que se van a comparar con la parte teórica para asegurarse de que existe una correspondencia entre la teoría y el fenómeno. Si lo que se va a analizar es la trayectoria de un cometa, hay que comparar la trayectoria empírica con una órbita teórica que describa las posiciones del cometa. Esta parte teórica debe corresponder con las observaciones de la trayectoria del cometa que de hecho ocurren, esto es, con la parte empírica o con el fenómeno. Si se está tratando con objetos celestes y se va a observar éste con un telescopio se deben distinguir básicamente tres cosas: el objeto que se busca en el cielo: un

<sup>8</sup> [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/057/htm/sec\\_5.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/057/htm/sec_5.htm)

cometa; la ubicación en que va aparecer dicho objeto y para ello hay que conocer el cielo, tener idea de un mapa celeste, para saber hacia dónde hay que dirigir el instrumento, pero además también hay que saber leer el mapa; y, evidentemente hay que conocer el telescopio utilizado para saber enfocar al cometa y poder seguirlo, es decir hay que saber cómo funciona cada parte del telescopio.

Es importante el conocimiento de estos tres puntos para poder tener una estimación correcta del objeto analizado. No sirve de mucho que únicamente sepa utilizar el telescopio, si ni siquiera sé distinguir el cometa en el cielo, o viceversa, tener idea por ejemplo del mapa celeste si cuando quiero ubicarme en éste con ayuda del telescopio, me es imposible porque no sé manejarlo. Cada parte de este telescopio tiene una función para poder observar el objeto celeste, por ejemplo en un telescopio, el buscador sirve para centrar el objeto y la montura es importante para mantener fijo el telescopio, pero también permite la movilidad del telescopio cuando sea necesario, considerando que el cielo no permanece fijo.



Aquí además de las teorías ya mencionadas que se utilizaron para crear el telescopio, también se considera un aspecto importante sobre el cielo: el movimiento. Si la montura no estuviera presente en este telescopio, se perdería el objeto de estudio y no se podría hacer registro de la trayectoria del objeto celeste. Por lo que esta parte empírica se está viendo

concretada en el instrumento, se sabe que el cielo está en movimiento, entonces el instrumento también debe contener este aspecto, para permanecer en relación con el objeto.

Se ha visto cómo el instrumento científico también forma parte del corroborar o valorar la teoría científica en tanto que en su utilidad se refleja el que una teoría

puede ser correcta y que puede haber una correspondencia con la realidad, lo cual nos dice que sí hay algo en la teoría que logra preservar el fenómeno.

Lo interesante del instrumento científico es ver cómo una vez construida alguna teoría, ésta es aplicada para crear un instrumento que permita acercarnos o estar en relación con el fenómeno, por ello se dijo que en el instrumento se concretiza la teoría o se materializa. Este hecho de que se logre materializar la teoría en un instrumento que funciona, quiere decir que la teoría también está funcionando, por ello el instrumento es considerado para valorar la teoría científica.

El experimentos científico es la constatación de lo teoría científica o bien, el modo en que se valora ésta. Lo interesante de este proceso es que del análisis teórico se regresa a la observación para verificar que existe la mayor adecuación posible con el fenómeno. Como se mencionaba al comienzo de este segundo capítulo, se trata de una observación especializada. Al final el valor de la teoría depende de la adecuación que se pueda observar. Pero este es un segundo plano de la observación (el primero se trata en el Capítulo 1 cuando se comienza a analizar la formulación de la teoría científica) no se trata únicamente de una observación ni directa con el fenómeno y por ello, se introdujo la noción de medición indirecta, y el uso del instrumento como intermediario para acercarse al fenómeno. Tampoco se trata de observación en el sentido de hacer una comparación únicamente observando con la visión, sino que involucra un proceso más complejo en tanto que hay que tomar cuenta varios aspectos y elementos intelectuales que fueron efectuados durante la construcción de la teoría científica.

Se verá que también se trata de una observación intelectual, que está relacionada con la parte teórica del fenómeno. Lo cual se expondrá en la siguiente sección al tratar el elemento de la predicción, igualmente para valorar la teoría científica. Pues al predecir un fenómeno, se hace con la parte teórica, con el cálculo, es así como se puede observar teóricamente el fenómeno.

Los elementos expuestos para valorar la teoría científica han sido: la experimentación, la medición y el instrumento. Aún falta por considerar a la predicción.

Como los anteriores elementos, se busca comprobar que la teoría funcione y el hecho de que con una teoría sea posible predecir, también nos indica que la teoría corresponde con el fenómeno. Este último elemento será expuesto en la siguiente sección.

#### **2.4) Predicción en la corroboración de la teoría científica y Consecuencia lógica**

Cuando se trató el segundo nivel representacional se dijo que se establecían relaciones entre símbolos con la finalidad de constituir principios para poder hacer deducciones acerca del fenómeno. Estas deducciones otorgadas en parte por la lógica y en parte por la matemática, son las que van a permitir la predicción sobre el comportamiento fenómeno. El predecir se puede entender como la expresión o la afirmación de que, considerando ciertos hechos o afirmaciones dadas, algo nuevo va a suceder.

Moulines nos explica que la predicción puede ser entendida de dos modos, los cuales son equivalentes: 1) como una afirmación condicional de tipo “en tales y cuales circunstancias empíricas específicas se observará tal fenómeno”, el ejemplo del cometa Halley expuesto al final de este capítulo se presentará de este modo. 2) el segundo, consiste en separar el antecedente y el consecuente de la anterior implicación contrastadora distinguiendo a) la predicción propiamente dicha (P), esto es el hecho simple que se espera observar de b) las condiciones iniciales (CI), los hechos-condiciones particulares antecedentes que deben darse para que se dé lo predicho<sup>9</sup>. Siendo equivalentes, también se puede ubicar aquí la predicción del cometa, en donde (P) es que el mismo cometa se presentará en determinado tiempo, debido a (CI) la trayectoria calculada y los datos recopilados que consisten en los años en que se observó el cometa entre 1472 y 1698, junto con la posición del cometa.

Esta definición dada por Moulines se puede equiparar con la noción de consecuencia lógica.

Moulines nos dice que se trata de una afirmación condicional, esto es que tiene

---

<sup>9</sup> Cfr. *Ibidem*, pp. 72-73.



una estructura en donde, tal como en la lógica clásica, hay un antecedente. Siguiendo esta definición se tratan de hechos o circunstancias dadas sobre el fenómeno; si éstas se presentan, entonces ocurrirá tal fenómeno, esta parte sería el consecuente de este condicional. Lo cual se formaliza como:  $P \rightarrow Q$  lo que nos que si es el caso que P, entonces ocurre Q.

En contraste, la noción de consecuencia lógica: entendida desde la lógica clásica, se trata de una noción que pone en relación a un conjunto de premisas. De estas premisas si su conclusión es verdadera bajo toda interpretación, se dice que ésta es consecuencia lógica de las premisas. En otras palabras, suponiendo que tenemos un conjunto de premisas (S1, S2, S3....) y la conclusión de estas (C), entonces C es consecuencia lógica de S1, S2, S3... si bajo cualquier interpretación no ocurre que S1, S2, S3... sea verdadera y C sea falsa, en este sentido también se puede decir que C se sigue de S1, S2, S3.... o bien, que C está implicado por S1, S2, S3....; en ambos casos se hace referencia a la consecuencia lógica.

Nótese cómo la consecuencia lógica está relacionando diversas afirmaciones: se relacionan un conjunto de premisas que están vinculadas lógicamente, de lo contrario no habría relación y la conclusión tampoco tendría relación con ésta, no habría coherencia. Esto se puede retomar en la teoría científica, en tanto que si no hay relación entre las premisas que se dice del fenómeno, es decir entre leyes e hipótesis, no habría una correspondencia con el mismo con el fenómeno, ya que no hay una relación establecida, ni un orden que unifique cada premisa, esto no da lugar ni siquiera a un resultado aproximado.

Un ejemplo sencillo de argumento donde hay consecuencia lógica es como el siguiente:

S1. Yazmín cumplió con el contrato, pero las mercancías no fueron suministradas en la fecha convenida

C. Por tanto, Yazmín cumplió con el contrato o su registro de envío es equivocado

La formalización de este argumento válido queda simbolizada así:

S1.  $P \wedge \neg Q$  en donde P: Yazmín cumplió con el contrato; Q: las mercancías fueron suministradas en la fecha convenida.

$\therefore$  C.  $P \vee R$  R: su registro de envío es equivocado

En este argumento, las premisas se encuentran relacionadas lógicamente, de tal modo que de la premisa S1, se sigue lógicamente C. Este tipo de relación dado en la consecuencia lógica, se trata de una relación formal, lo quiere decir que cualquier argumento que respete la misma forma lógica, de acuerdo a la noción de consecuencia lógica ya tratada, también será lógicamente correcto.

Ahora veamos otro argumento en donde no se cumple esta forma lógica, es decir no hay consecuencia lógica.

S1. Si el contrato es legal y Pérez entró al contrato, entonces ganará el pleito.

S2. O García no ganará el pleito o Pérez será responsable.

S3. Pérez no será responsable

---

C. Por tanto, el contrato no es legal y Pérez o entró en el contrato.

La forma formal para este argumento válido queda simbolizada así:

S1.  $(L \wedge P) \rightarrow G$       L: el contrato es legal; P: Pérez entró al contrato; G: ganará el pleito

S2.  $\neg G \vee R$       R: Pérez será responsable

S3.  $\neg R$

---

C.  $\neg L \wedge \neg P$

Al realizar un análisis veritativo funcional, se obtiene al menos un caso en donde la consecuencia  $\neg L \wedge \neg P$  no se sigue de sus premisas. Esto ocurre si falseamos la conclusión y en algunas de las premisas se encuentra un valor de verdad que haga a las premisas verdaderas. De tal modo que si esto ocurre, se tiene un antecedente verdadero, que son las premisas S1, S2, S3 y un consecuente falso. Siguiendo la noción de consecuencia lógica este sería un esquema falso, es un argumento inválido en donde la consecuencia no se sigue de las premisas y tampoco está implícita en las premisas. En este caso, el razonamiento es falso.

Cuando el argumento es válido y hay consecuencia lógica dada una serie de premisas S1, S2, S3.... se está obteniendo otra afirmación nueva C, así que se podría decir que se obtuvo algo que anteriormente no se afirmaba, ni se conocía de manera explícita. Es un conocimiento que se obtiene a partir de

cosas que ya se conocen, de las premisas dadas y la información de la conclusión o bien, la consecuencia se encuentra únicamente de manera implícita en las premisas, pero ello no quiere decir que siempre la conclusión sea evidente, ésta es descubierta con el proceso del razonamiento lógico.

Considerando lo anterior, se puede decir que esta característica de la relación de consecuencia lógica, está presente en la predicción científica. Al comprobar que la consecuencia obtenida se sigue lógicamente de un conjunto de premisas, entonces se dice que hay un argumento válido. Esta misma idea se mantiene en una teoría científica al pensar que si no hay relación entre lo que se dice del fenómeno, es decir las premisas (premisas que son las hipótesis y las leyes científicas), no existe una correspondencia entre estos.

Se puede intentar ilustrar esto con las tres leyes de Kepler. Lo que se quería saber en aquel momento, de acuerdo con sus observaciones era saber la trayectoria del movimiento de los planetas, hasta ese momento se creía que se trataba de una trayectoria circular, pero las observaciones y los datos no coincidían del todo con este sistema, pues se encontró que había cierto desajuste en que parecía que la velocidad de los planetas cambiaba en cierto momento.

Ante esto, Kepler propone una trayectoria elíptica. El argumento en este caso, queda de siguiente modo.

1. La velocidad del planeta aumenta cuando está cerca del sol.
2. El sol tiene una enorme masa que atrae a los planetas. Por ello, su velocidad aumenta cuando están cerca de éste.
3. La trayectoria que mejor describe este incremento de velocidad es la elíptica, pues con ésta se explica el cambio de velocidad en los planetas (teniendo en cuenta al sol en el centro del sistema).
4. Por tanto, la trayectoria de los planetas se trata de una elipse.

Lo que se quiere hacer ver es que, según la noción de consecuencia lógica, se trata preservar la verdad de las premisas a la conclusión, teniendo con esto un argumento válido con premisas y conclusión verdaderas.

Estas premisas, que son las leyes de Kepler se pueden verificar empíricamente

a través de todo el proceso de la experimentación.

Por otra parte, adelanta parte del ejemplo del cometa Halley para ver qué tiene que ver esta noción de consecuencia lógica con la predicción. Para predecir este hecho se consideraron datos que el científico había investigado: se tenían las tres leyes de Kepler, las observaciones de cometas en donde había registro de diversos años de su aparición, su posición y las características físicas de estos; se contaba ya con la teoría gravitatoria. Finalmente, con esto se dedujo matemáticamente la trayectoria parabólica del cometa y con ella la predicción de que siguiendo la órbita parabólica y de acuerdo a la periodicidad registrada, el mismo cometa se haría presente en determinado tiempo y lugar.

Siendo esto así, la predicción se trata de una consecuencia lógica. Esta última parte, la predicción, tiene gran relevancia para la corroboración de la teoría científica ya que ésta es la culminación de la teoría, es lo que le otorga certeza. Si no se tomara en cuenta la predicción lo único que se tendría es la afirmación de la hipótesis ya que no se daría lugar a poder contrastar la teoría con la experiencia o el fenómeno con lo que se dice del fenómeno, que finalmente es lo teórico. Al descubrir teóricamente que si la trayectoria del cometa se trata de una elipse cerrada, entonces éste retornará dentro de 76 años aproximadamente, esto es la afirmación de una hipótesis que podría tener un grado de certeza, por llamarlo de alguna manera, de acuerdo al cálculo matemático o geométrico, pero al corroborar el hecho de que el cometa sí efectuó la trayectoria predicha, aumenta ese grado de seguridad y ya no se trata simplemente de la afirmación de una hipótesis sino de una afirmación que se sabe que de hecho ocurre de ese modo preciso y de ese modo predicho.

Se puede identificar la consecuencia lógica con la parte teórica del fenómeno y la predicción como el hecho que tiene que observarse o bien, como la corroboración de lo teórico. No es que la consecuencia lógica esté separado de la predicción, más bien la noción de consecuencia lógica permite la relación para llegar a predecir. Se identifican así, partiendo de la noción de consecuencia lógica, pues se trata de una relación formal en la que las premisas representan los hechos, a partir de relaciones lógicas.

Lo interesante es constatar que el fenómeno es una prueba “material” de la

relación de consecuencia lógica. Es en la predicción en donde se da cuenta que está presente, en el fenómeno.

La predicción científica tiene una estructura, que es una relación formal, tal como la dada en la noción de consecuencia lógica. Esta estructura lógica es la que se ha discurrido en algunas líneas atrás, existe algo que hace que se correspondan. Esta correspondencia, no se trata simplemente de una coincidencia o de algo que sólo resulta práctico para comprender los fenómenos, sino que lo que está de fondo y que permite esta correspondencia entre el fenómeno y la teoría, son las relaciones lógicas inmersas en cada estructura, misma que permite conocer al fenómeno en sí mismo.

Por esto, la predicción es la constatación de la teoría, porque con la teoría se puede conocer el comportamiento del fenómeno; saber qué va a pasar con éste. Con la consecuencia lógica se obtiene, por decirlo de un modo, un cálculo teórico, mismo cálculo que puede ser corroborado empíricamente.

Dicho esto, el conocimiento científico se puede entender como una gran consecuencia lógica, en donde a partir de ciertos hechos, un principio que fundamenta, junto con las premisas al conjunto de hipótesis. En la caso de Kepler, su hipótesis es que la trayectoria de los planetas es elíptica. Lo que fundamenta con lo se ha presentado como premisas de esta conclusión.

De acuerdo a las predicciones, es con lo que se afirma o se niega la hipótesis sugerida, si se logra una correspondencia, es decir si ocurre la predicción, entonces la hipótesis puede ser aceptada, en tanto que la predicción corrobora ésta. Cuando se observa la predicción vuelve a estar en juego toda la carga teórica que se obtuvo a lo largo de la elaboración de la teoría.

Durante todo el proceso que implica la contrastación de la teoría científica no se ha dejado de lado el aspecto de la matematización, pues se ha expuesto cómo la matemática resulta ser un medio o un puente que aun cuando es abstracta atrapa alguna propiedad específica del aspecto empírico. Esto se veía con la medida que nos dice una propiedad específica del fenómeno, misma propiedad o propiedades que sirven para conocer cómo es que se relacionan con otras propiedades inmersas en el fenómeno. El lenguaje

matemático utilizado sobre el fenómeno es relevante al momento de separar y distinguir todo el cúmulo de propiedades y de sucesos que pueden ocurrir en un fenómeno. Ya se mencionaba en el primer capítulo que el objetivo de matematizar el fenómeno es lograr sintetizar la aglomeración de datos o información que se pueda obtener del fenómeno para ubicar la relación entre cada propiedad. Esta relación dada entre cada propiedad es importante porque se está hablando de una relación o de un conjunto de relaciones que sirven para explicar y entender el fenómeno, para saber por qué se está dando de tal manera el fenómeno, es decir se trata de captar las mismas relaciones dadas en el fenómeno, a través de la matemátización.

Para captar las relaciones del fenómeno, es importante que con la representación del fenómeno se logre preservar su estructura y lo que permite esta preservación de estructuras entre constructo y fenómeno, es el razonamiento subrogatorio.

El razonamiento subrogatorio es finalmente, el objetivo de la representación científica, si éste se encuentra presente, se puede dar cuenta de que se está conservando la estructura del fenómeno y entonces es posible hablar sobre una correspondencia de hecho o una correspondencia real en donde el constructo, aun cuando es un conjunto de símbolos, posee la misma estructura con las mismas relaciones del fenómeno.

Ahora bien, una vez desarrollado que es posible una correspondencia entre el constructo matemático o simbólico, se puede decir que tal constructo es objetivo al tratarse con las relaciones de las estructuras, mismas relaciones que son ajenas a la parte subjetiva del científico. Este otro punto habrá que desarrollarse con más detalle en el siguiente capítulo.

## **2.5) Análisis del cometa Halley**

Para ilustrar de mejor manera las secciones expuestas hasta aquí, considérese el siguiente experimento científico, en astronomía. En este se mostrara tanto la formulación de la teoría científica como la corroboración de ésta, es decir, se ejemplifica el Capítulo I y Capítulo II.

Examinemos la aparición del cometa Halley, éste tiene muchos registros de su aparición, sin embargo, antes de conocerle como hoy en día, se creía que su aparición era señal de que algo malo pasaría a la humanidad como enfermedad, hambre, muertes, etc. Los datos de este fenómeno continuaron registrándose, por diversos años, pensando que se trataban de distintos cometas hasta que Edmund Halley retomó los datos recopilados sobre los años en que había aparecido; pero no sólo eso, sino que también analizó la trayectoria de este cuerpo celeste, detectando que giraba al rededor del sol en órbitas elípticas largas. Con ello, descubrió que los aparentes cometas registrados en diversos años durante mucho tiempo, se trataban del mismo y que además éste tenía una periodicidad, pues el mismo cometa aparece cada 76 años aproximadamente. ¿Cómo logró Edmund Halley, calcular las órbitas del cometa, para concluir que además de que era el mismo, la predicción de que el cometa aparecería nuevamente?

Lo único con lo que contaba eran los datos recopilados de las apariciones del cometa y su gran intelecto. Halley utilizó la información sobre las observaciones que había sido recopilada entre los años 1472 y 1698, gracias a esta información se dio cuenta de que existía un patrón entre los supuestos cometas que habían aparecido entre los años 1531, 1607, y 1682. Con el reconocimiento de este patrón concluyó que se trataba del mismo cometa que aparecía cada 76 años y además predijo que volvería a ser visto a finales del año 1758 siguiendo cierta trayectoria y la parte específica del cielo donde sería observado. No sólo utilizó los datos anteriormente registrados, tuvo que acudir a una teoría que le ayudó a entender el recorrido del cometa, es decir su movimiento, y para ello acudió a Isaac Newton quien poco antes acababa de exponer la teoría de la gravitación. Halley utilizó la teoría de la gravitación para intentar calcular el número de órbitas, permitiéndole descubrir que uno de ellos volvía a la cercanía del Sol cada 76 años aproximadamente. Lo que permite saber la teoría de Newton justo sobre el movimiento es: ¿por qué las cosas se mueven? Específicamente por qué los planetas cuando están más cerca del Sol, se mueven más rápido. Halley conocía y entendía totalmente esta teoría y supo aplicarla a otro hecho. Entendía que la teoría de Newton relacionaba nociones abstractas como fuerza, movimiento y aceleración, y por supuesto la

gravedad, y que tal teoría funcionaba para explicar el movimiento de los planetas, cometas y en general funcionaba para cualquier clase de movimiento material. Con ello Halley descubrió la periodicidad del cometa, dando cuenta que se trataba del mismo.

En este fenómeno se trata de experimentar con un cuerpo celeste con el cual no es posible tener un contacto directo, no se puede manipular, pero ello no afecta el que no se pueda verificar el comportamiento de la trayectoria del fenómeno. Halley está justificando esta trayectoria a través de la teoría de Newton. En este experimento científico no se trata de observar un fenómeno y después ver qué otro fenómeno ocurre como resultado, como dice Duhem, un experimento de este tipo se realiza a partir del sentido común, de un hecho producido artificialmente, resulta otro, en este caso sólo se constatan diversos hechos. En cambio el experimento científico es un juicio que contiene la relación de nociones abstractas, considerando la teoría de Newton, serían las que se mencionaron: fuerza, movimiento, aceleración.

Podemos analizar mejor este ejemplo, dividiéndolo en cuatro puntos para ubicar cada elemento en la formulación de la teoría científica, como se resumía en el Capítulo I. Además de ubicar los elementos dados en este segundo Capítulo II: medición, instrumento, predicción.

1) Recordemos que el primer punto es sobre la observación de hechos concretos. En este caso el fenómeno por observar es la aparición y comportamiento del cometa Halley. En las siguientes imágenes se intenta mostrar el fenómeno en general (en la imagen 1); mientras que en la otra se muestra una observación más detallada del fenómeno con el registro de algunos datos (imagen 2). También se muestra en la imagen 1 una fotografía, resultado de haber utilizado el instrumento del telescopio. En la fig. 2 se trata de un dibujo obtenido con la observación, sin el telescopio.

El capturar una fotografía con el mismo telescopio, ofrece una imagen más precisa del fenómeno y puede otorgar una visión más amplia sobre el fenómeno, permite a la vez la captura de otros cuerpos celestes como las estrellas, las cuales son de ayuda para ubicar e identificar al cometa.

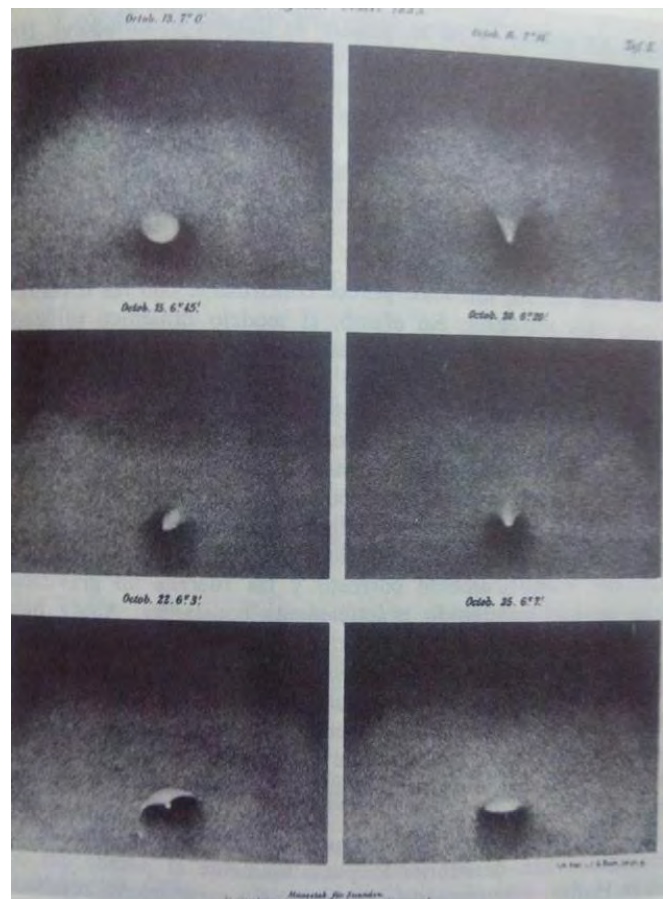


Con el dibujo a pesar de que podría ser muy detallado se podrían pasar por alto algunos aspectos y no dibujarlos. Aunque hay que mencionar que para dibujar el fenómeno también se tendría que recurrir al aspecto del conocimiento previo o carga teórica, para saber qué es lo se debe plasmar. En el caso del cometa se decía que es importante considerar las estrellas que se encuentran cerca de éste, pero también hay que considerar lo se conoce como la cabellera o cola del cometa, saber su dirección, por ejemplo. Son elementos que una fotografía podría facilitar.

Por otra parte, también hay una diferencia al captar el fenómeno sólo con nuestros ojos, que con algún telescopio o binoculares, pues como se ha mencionado con éste es posible acercarse más fenómeno, tener una visión más detallada y precisa.



Img. 1. **Fotografía que muestra la trayectoria del Halley en 30 minutos, obtenida por M. Cruz el 17 de noviembre de 1985 con un telescopio Celestrón.** (Comellas 1986)



Img. 2 **Dibujos del cometa Halley de Friedrich W. Bessel en 1835.** (Teodoro Vives 1985)

2) Este segundo punto es acerca de las nociones abstractas sobre lo observado. Lo cual implica un proceso en el que el fenómeno se racionaliza, esto es que se emplean determinados símbolos matemáticos a propiedades específicas del fenómeno, para lo cual hay que ubicar propiedades cualitativas y cuantitativas del fenómeno. Aquí también se identifica la carga teórica y la interpretación, recuérdese que la interpretación dada a la simbolización depende de la carga teórica.

Sobre el fenómeno del cometa se trataría de las relaciones descubiertas por Newton que se han mencionado (fuerza, movimiento y aceleración), así como la abstracción hecha del comportamiento del fenómeno, es decir su trayectoria. Sobre la relación descubierta newtoniana se obtuvo la fórmula que ya enunciábamos en el primer capítulo:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Dichas abstracciones matemáticas son el resultado de los datos recopilados a través de la observación y la racionalización del fenómeno.

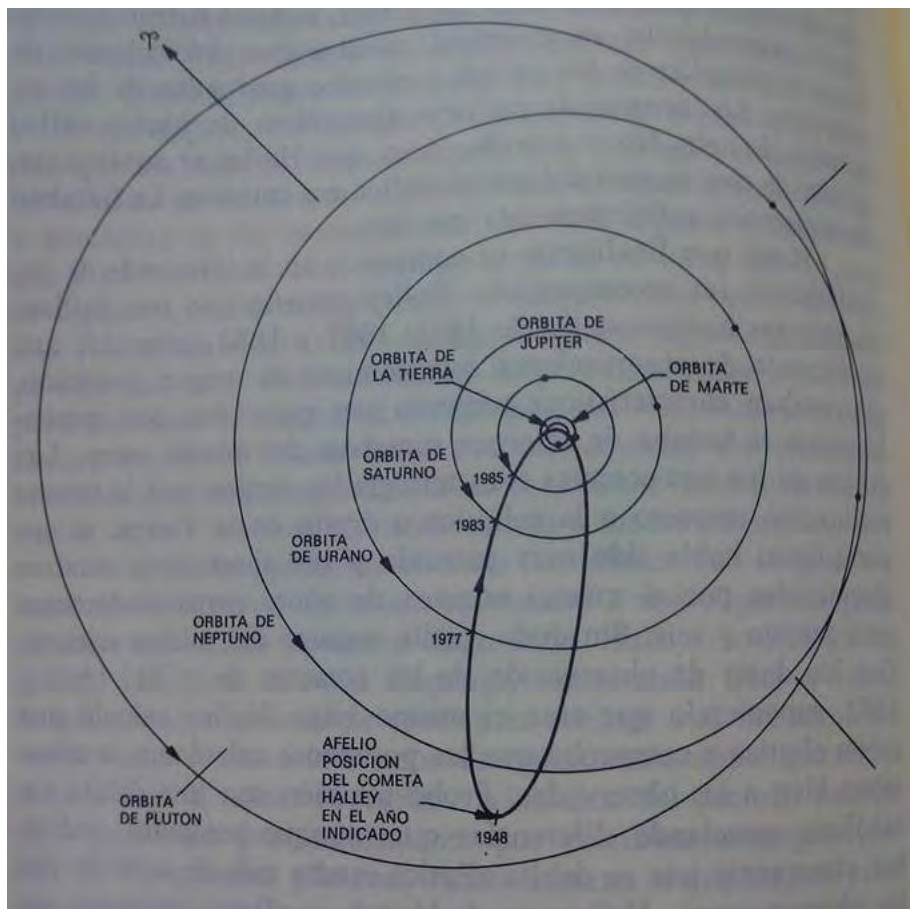
Por otra parte, Halley lo que hizo fue buscar datos de cometas que tuvieran un comportamiento parecido, es decir que sus órbitas se parecieran y que se hayan observado varias veces con intervalos periódicos más o menos constantes. Siguiendo estos datos, Halley dirigió su atención a un cometa aparecido en 1680, el cual indicaba que tenía una órbita parecida a una elipse que se iba formando al transcurrir 575 años<sup>10</sup>. Para ilustrar este punto podemos contemplar el tipo de trayectoria del cometa en las siguientes dos imágenes. Tanto la trayectoria de la imagen 3 como la imagen 4, se tratan de una trayectoria descrita por una figura geométrica, la forma elíptica. Ambas imágenes describen la órbita del cometa. Lo relevante es presentar cómo el movimiento de los astros es representado matemáticamente, o mejor dicho en este caso geoméricamente.

---

<sup>10</sup> Cfr. VIVES, Teodoro, *El cometa Halley: introducción al estudio de los cometas*, Progensa-Hermann Blume, España, 1985, p. 46.



Img. 3 (Comellas 1986)



Img. 4 Proyección de la órbita del Cometa Halley (1910-1986) sobre el plano de la elíptica dentro del Sistema Solar. La posición de los planetas está indicada para la fecha del paso del Halley por el perihelio en 1986 (IHW) (Teodoro Vives 1985).

Cualquiera de las dos imágenes también está representada por la teoría gravitatoria de Newton. La fórmula newtoniana explica que debido a la atracción que el sol ejerce, el movimiento es elíptico, nos dice que hay una fuerza de atracción mutua, para lo cual representa simbólicamente como  $F$  (fuerza) =  $m_1 m_2$  (que son los cuerpos de atracción mutua) y que esta fuerza es proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias, lo cual queda simbolizado con  $r^2$ . No se pierda de vista que estos elementos simbólicos están todos en relación para poder determinar el comportamiento de este objeto celeste. La fuerza de atracción depende de la masa entre los cuerpos, de modo que hay una relación entre la atracción y la masa de los cuerpos, pero además también está en relación con la distancia de los cuerpos que son nociones abstractas sobre lo observado.

Cabe mencionar que aquí también se encuentra el elemento de la medición, pues se trata de calcular la fuerza entre dos cuerpos, la cual es de atracción entre estos dos, así que para calcular ello, hay que medir la distancia entre estos.

3) Una vez ubicadas estas relaciones, se forma la ley o las leyes científicas del fenómeno. Éstas, como vimos, fue el gran descubrimiento de Newton que enuncia la ley de la atracción, la cual dice que “existe una fuerza de atracción mutua entre cuerpos y que esta fuerza es proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias”<sup>11</sup>

Es importante mencionar que para descubrir y entender esta ley de atracción, tanto Newton como Halley se basan en las leyes de Kepler, ya mencionadas en el Capítulo I, pero además al mismo tiempo están justificando las leyes de Kepler, al guiarse de éstas, emplearlas en sus propias leyes y comprobar que en efecto, “el sol tiene una atracción inversamente proporcional a la inversa del cuadrado” y al ver que esta atracción explica el movimiento elíptico de los planetas. Como hemos visto, las leyes de Kepler se tratan de proposiciones matemáticas que relacionan nociones de distancia, velocidad y tiempo.

---

<sup>11</sup> Cfr. VIVES, Teodoro, *El cometa Halley: introducción al estudio de los cometas*, Progensa-Hermann Blume, España, 1985, p. 41.

4) El último punto consiste en la formación de la hipótesis. La hipótesis de Edmund Halley referida al comportamiento del cometa era que si el cometa seguía una curva elíptica cerrada en torno al sol, el mismo cometa aparecería nuevamente.

Esta hipótesis sería el resultado de relacionar las proposiciones dadas según con la ley de Newton.

De acuerdo a las observaciones de Halley sobre el cometa de 1680 y tras continuar estudiando registros históricos sobre otros cometas, posteriormente lo identificó hipotéticamente, con el registro que se tenía del cometa del 1106, 531, 44 d. de C. Sin embargo, aun cuando Halley ya contaba con las leyes de Newton y sabía aplicarlas, este cometa no se trataba del mismo observado en 1680, por lo que estos no describían una trayectoria elíptica. Con esto, se quiere mostrar lo dicho en el capítulo anterior, cuando se menciona que la obtención de datos es muy importante en tanto que si se cambia alguno de éstos, el resultado igualmente ha de cambiar. En este caso Halley había obtenido algunos datos que no eran del todo precisos y se dice que hasta algunos eran contradictorios. Lo único que le hacía falta a Halley eran datos con mayor precisión. En algunos de los datos más antiguos que se habían obtenido no se contaba con el instrumental científico adecuado para seguir al objeto celeste, o bien, no se contaba con un telescopio lo suficientemente preciso, para ese momento, para recabar datos precisos.

Finalmente, logró obtener datos más precisos sobre tres cometas vistos en los años 1531, 1607 y 1682; observó que estos cometas tenían características similares y que sus apariciones parecían tener un retorno sucesivo. Halley registró sobre estos tres cometas que tenían la misma inclinación según la órbita de la tierra, su aspecto físico era muy parecido y notó además que la aparición entre cada cometa, tenía una concordancia que era de 76 años aproximadamente.<sup>12</sup>

Con estos datos, Halley pudo analizarlo y llegar a una conclusión: Se trataba del mismo objeto celeste y dedujo el tipo de trayectoria que éste tenía. Si esto era así, entonces conociendo su trayectoria se podía saber por dónde iba a

---

<sup>12</sup> Cfr. *Ibidem* p. 4

pasar nuevamente el cometa, conocía hacia dónde habría que dirigirse para volver a observar el mismo objeto celeste. Calculando la trayectoria, gracias a la teoría de Newton, pudo predecir que el mismo cometa, aparecería en la Navidad de 1758. Para verificar este hecho, había que esperar a que volviera a pasar el fenómeno y en efecto, la predicción de Halley se cumplió y el mismo cometa se hizo presente justo en la Navidad de 1758. Lamentablemente Halley murió antes, sin poder presenciar visualmente el cometa, sin embargo logró ver la trayectoria del objeto celeste, intelectualmente, es decir, con todo el trabajo teórico aplicado.

Este hecho muestra cómo se lleva a cabo la experimentación, en una ciencia como la astronomía, en donde no se tiene un acceso directo con sus objetos de estudio. Se muestra por otro lado que para verificar la teoría, hay que regresar a la empiría, a la observación de fenómeno para constatar que el constructo teórico, en este caso, la formula gravitacional y la trayectoria del cometa descrita como una elíptica corresponden con la aparición del cometa.

Así, quedó principalmente corroborada la teoría de gravitación de Newton. Los elementos 4 elementos señalados son los que en este ejemplo se consideran relevantes para valorar la teoría científica. Con lo cual también se puede notar por qué el desarrollo de la teoría científica es un proceso que no se logra de inmediato y que no es trabajo de un sólo científico, sino que más bien se trata de un trabajo en equipo en el que se colabora con observaciones, datos, leyes, etc. En este caso, por un lado se tenían las leyes de Kepler, por otra parte estaba Newton con la teoría de la gravitación universal y Halley intentando conocer el tipo de curva que efectúan los cuerpos celestes en el sistema planetario, también se encuentran todos los astrónomos anteriores a ellos que registraron datos observacionales sobre cometas. Con esto se tiene tanto la parte observacional del fenómeno, es decir, la parte empírica y la parte teórica del fenómeno, así como la corroboración de lo teórico.

Anterior a una interpretación científica, se tenían los datos obtenidos del fenómeno, los cuales ya se ha dicho que no se extraen directamente como se muestra en la experiencia sino que más bien, los datos son traducidos por símbolos matemáticos que se aplican para representar las propiedades del

fenómeno y que más tarde se buscará relacionarlos en una hipótesis. Recordemos que muchos de estos datos se pueden obtener apelando a la propiedad cuantitativa del fenómeno, esto es, con la medición. La medición en la experimentación también es importante para valorar la teoría científica, pues funciona para hacer comparaciones durante la fase del experimento, en donde se ha de tomar en cuenta tanto las leyes como las hipótesis ya que éstas deben coincidir con el experimento. Así que indagamos más acerca de la medición.

### III

## OBJETIVIDAD DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

La justificación en la ciencia se entiende como una prueba o demostración de algo. Pero también se trata de un razonamiento que da pruebas sobre el valor de verdad en una proposición. Esta proposición forma parte de un sistema teórico y es una proposición concluyente, es decir, es una proposición que se ha de seguir de otras y siendo así, cumple con una coherencia lógica.

El justificar se encuentra vinculado con la noción de razón, ya que al justificar algo, lo que se hace es dar razones por lo que se piensa que tal hecho es de tal manera, dicho con otras palabras, se infiere una proposición de otra proposición, en este acto se está dando la razón del por qué se piensa que tal hecho ocurre de tal manera.<sup>1</sup>

Estas razones dadas, en este caso por el científico, no dependen de su juicio particular sino que han de ser razones objetivas, razones independientes del aspecto personal; no como se veía en el conocimiento habitual. En la justificación objetiva, sí existen creencias por parte del científico, pero éstas no sólo han de existir para él, sino para todos. En este aspecto, el fenómeno es de cierto modo independiente de su propio juicio.

Con esta justificación objetiva se corrobora la veracidad del fenómeno u objeto ya que se está garantizado que esta corresponde con el fenómeno y cualquier sujeto capaz puede corroborar dicho razonamiento, siendo objetivo, también será verdadero para el otro. De esta manera, se puede decir que sus creencias son verdaderas.

Aun así, bajo esta perspectiva, la objetividad se forma cuando la comunidad científica está de acuerdo con las razones dadas que justifican lo que otro científico dice.

Hasta aquí, la noción de objetividad planteada no sólo se refiere a aquello que es independiente del sujeto, es decir que su existencia no depende de él. Sino que, en tanto que se está analizando la objetividad del conocimiento científico, se relaciona la objetividad con la comunidad epistémica, es decir la comunidad científica.

---

<sup>1</sup> Cfr., VILLORO, Luis, *Creer, Saber y Conocer*, siglo XXI, México 1999, p. 79.



En este sentido las razones del científico se considerarán objetivas si son válidas, no únicamente para él sino independiente de él y válido para cualquier sujeto cognoscente. Por ello, la objetividad no depende de sólo un particular o incluso de la comunidad científica, pues si bien es cierto que quiénes se dan a la tarea de evaluar las razones científicas de algún hecho es la comunidad científica, el hecho existe y es como es con independencia de su valoración. Las leyes de Newton, por ejemplo, funcionan y existen con independencia del propio Newton.

De acuerdo a lo anterior la noción aquí trata de objetividad está basada en el tipo de justificación que se formule y se espera que dicha justificación sea la mejor, lo cual implica cubrir los requisitos de la comunidad epistémica, pero también que lo que se esté diciendo corresponda con el fenómeno analizado.

A continuación, lo que este último capítulo ofrece son tres apartados en donde se pretende mostrar que el conocimiento científico es objetivo, lo cual se desarrolla del siguiente modo:

*Primera sección: Noción de razonamiento subrogatorio en relación con los constructos simbólicos del conocimiento científico.*

La noción de razonamiento subrogatorio la exponemos ya que con esta es posible explicar el conocimiento científico como objetivo. Esta noción se retoma de Ibarra y Mormann. Lo que se logra con esta noción es por un lado ver cómo es posible una correspondencia entre fenómeno y constructo simbólico.

Por otra parte, ver que tal constructo simbólico es objetivo debido a una aplicación que preserva las relaciones del fenómeno, esto es el razonamiento subrogatorio.

Lo relevante de esta noción para el cumplimiento de la objetividad en el conocimiento científico, es que se trata de representar relaciones lógicas. Mismas que al ser representadas no dependen del sujeto. De lo que se trata es de capturar las relaciones lógicas del fenómeno a partir del signo, pero capturando lo empírico, es decir el contenido empírico es plasmado en términos de relaciones lógicas.

Para ejemplificar esto se expondrá el ejemplo de la medición en donde lo que se está haciendo es representar con números.

Una vez tratada esta noción, se va a ejemplificar su realización en la teoría científica, lo cual se expone en el segundo apartado.

*Segunda sección: Justificación lógica y matemátización de la teoría científica como realización del razonamiento subrogatorio.*

Para ejemplificar la realización del razonamiento subrogatorio, primeramente se consideran los elementos del conocimiento científico como la aprehensión inmediata, la creencia y la inferencia. Estos elementos son de ayuda para dilucidar más sobre el tipo de justificación en el conocimiento científico; veremos que una rasgo característico de este es la matemátización, con la cual se trata de capturar el contenido empírico del fenómeno.

Tras analizar esto, entonces se ejemplifica a partir del ejemplo ya analizado en el Capítulo II, la realización del razonamiento subrogatorio en tres partes: 1) Realización del razonamiento subrogatorio en las leyes; 2) Razonamiento subrogatorio en las hipótesis y 3) Razonamiento subrogatorio en la corroboración.

En los tres subapartados de esta segunda sección se pretender ver cómo funciona este tipo de razonamiento y el papel que cumple en cada uno.

Una vez aclarado aspecto del razonamiento subrogatorio, la investigación se dirige a tratar la carga teórica e interpretación del conocimiento científico. Si bien es cierto que ambas nociones se mencionan durante el desarrollo del Capítulo I y el desarrollo del Capítulo II, en esta sección se interpretaran como un elemento más para las representaciones científicas y por ende, para el conocimiento científico.

*Tercera sección: Carga teórica e interpretación*

La interpretación es un aspecto fundamental para el conocimiento científico, se trata de una interpretación que es matemática.

Para interpretar el sujeto recurre a su carga teórica y le da sentido al signo. Veremos que en este sentido el interpretante, cobra importancia en el conocimiento científico al ser el mediador entre los signos.

Siendo el mediador entre los signos el interpretante también se considera un signo más dentro del proceso de la representación científica. Idea que se retoma, también de Ibarra y Mormann.

Dado que se le otorga importancia al interpretante, se podría pensar que la representación depende enteramente del sujeto y que su interpretación está hecha de acuerdo a un convencionalismo entre la comunidad epistémica.

Para abordar esta cuestión del convencionalismo en el conocimiento científico se dedicó una última sección.

#### Cuarta sección: *convencionalismo en el conocimiento científico*

Una postura que se trata al analizar sobre el conocimiento científico, es que éste logra por convención de los científicos. Siendo así, no se considera que realmente exista un conocimiento objetivo y en dado caso de que lo haya la objetividad es sentada por la misma comunidad epistémica, es decir los sujetos.

De acuerdo con esto, lo que se desarrolla en este último apartado es tratar al convencionalismo como uno de los rasgos para hacer ciertas elecciones –tales como la sencillez, o belleza de una teoría– pero no como un rasgo fundamental ni del conocimiento científico ni de la objetividad de éste.

Las razones principales son, la interpretación matemática del fenómeno, así como la noción del razonamiento subrogatorio, es decir preservación de relaciones lógicas que no dependen de la comunidad epistémica.

### **3.1) Noción de razonamiento subrogatorio en relación con los constructos simbólicos del conocimiento científico.**

En el capítulo anterior, al final de la sección expuesta sobre la predicción, se mencionó a las representaciones científicas en relación con el razonamiento

subrogatorio, en la medida en que el objetivo de esta representación es preservar la estructura del fenómeno. El propósito de este apartado es identificar el razonamiento subrogatorio dentro de la teorización empírica. Con esto se pretende mostrar la relevancia de dicha noción para la objetividad del conocimiento científico.

Para esto reconsideremos algunos de los elementos generales, expuestos en el Capítulo I y Capítulo II, estos son principalmente tres: los datos obtenidos del fenómeno, los constructos simbólicos, que se obtienen al matematizar el fenómeno y al relacionar sus propiedades. Recuérdese que la simbolización no era arbitraria, se trata de que con ésta se obtenga una correspondencia con las propiedades del fenómeno, es decir una correspondencia entre los datos y el constructo.

La correspondencia entre los constructos simbólicos y el fenómeno es lo que se había mencionado que le da valor a la teoría científica. Lo que se corroboraba efectuando el proceso de experimentación científica, la medición, la aplicación del instrumento y la predicción. Esta correspondencia es el tercer elemento a considerar para atender a la noción de razonamiento subrogatorio.

Ibarra y Mormann nos presentan un formato general para presentar estos tres componentes, característicos de las teorías científicas, de la siguiente manera:

$$F: D \rightarrow C$$

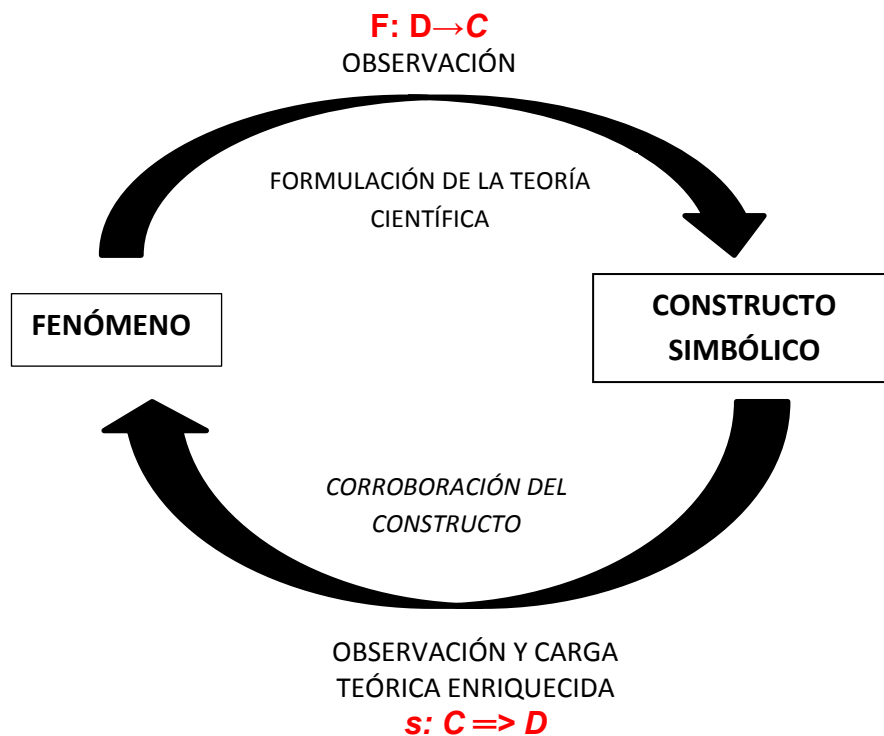
En donde  $D$  es el dominio de datos;  $C$  los constructos simbólicos;  $f$ , es una aplicación que permite representar  $D$  por medio de  $C$ .

Para que esta aplicación sea posible debe existir una correspondencia entre la estructura del fenómeno y la estructura de constructo teórico. Esto depende de la simbolización matemática y de las relaciones establecidas entre estos constructos, que resultan ser relaciones empíricas en el fenómeno.

Otro elemento que se considera en este formato es el de interpretación simbólica:

$$s: C \Rightarrow D$$

En este caso  $s$  es una interpretación simbólica, por medio del dominio de datos, en donde se otorgan interpretaciones empíricas de los constructos teóricos. Esta formalización también describe en parte el esquema anterior, presentado en el Capítulo II, sobre la experimentación. El esquema ha sido el siguiente:



En este esquema se resumía el proceso que implica corroborar la teoría científica, lo que se quiso mostrar es el vaivén que implica la corroboración de la teoría científica. En pocas palabras lo que se decía es que se comenzaba por la observación y para corroborar el constructo se regresa a ésta, pero con una carga teórica enriquecida otorgada por la interpretación de los datos y de los constructos simbólicos. En este sentido se trata de una observación más completa acerca del fenómeno. Por ello, este regreso se presenta como  $s: C \Rightarrow D$  invirtiendo  $C$  y  $D$  ya que ahora se parte de los constructos simbólicos, para regresar a los datos y en este regresar existe una interpretación empírica de los constructos simbólicos.

Es ya una interpretación empírica en tanto que se está corroborando con el fenómeno. Es por ello, que se caracteriza este proceso como un vaivén.

Ahora bien, el objetivo de dicha representación es, siguiendo a Ibarra y Mormann, preservar la estructura del fenómeno. De tal modo que las representaciones se tratan de una estructura relacional que conservan la correspondencia entre el fenómeno y el constructo simbólico. Es relacional en tanto que se descubren las relaciones entre las propiedades del fenómeno, tal

como se ejemplifica en el Capítulo II, al tratar de esquematizar el fenómeno de la caída libre, el cual fue representado por medio de una figura geométrica: un triángulo isósceles. Con el mismo, además se representaba el espacio y el tiempo. El espacio y tiempo es la relación descubierta y abstraída, por medio de la matemátización del fenómeno.

Estas representaciones científicas son entendidas justo como una aplicación  $f: D \rightarrow C$ , se trata de una aplicación que preserva la estructura del fenómeno a través de los sistemas relacionales del dominio de datos y de los constructos simbólicos ( $D$  y  $C$ ). Considerando  $f$  como una representación y dado que su objetivo es representar las relaciones del fenómeno, entonces la aplicación  $f$  ha de respetar cada sistema relacional. De modo que las relaciones del constructo simbólico son las mismas relaciones del aspecto empírico. De ahí que sea posible un encaje o correspondencia estructural entre el fenómeno y el constructo.

En otras palabras, la representación se trata de un sistema relacional, mediante el cual se preserva una correspondencia entre lo representado (fenómeno) y el representante (constructo simbólico).

El ejemplo que nos brindan los autores sobre la aplicación de una preservación parcialmente estructural es en el ámbito representacional de la medida.

Lo que aquí interesa señalar es el razonamiento homológico o subrogatorio. Nos explican la medición del siguiente modo:

“Medir  $D$  por medio de  $C$  es asignar números... no arbitrariamente sino de una determinada manera, establecer una aplicación  $f: D \rightarrow C$  preservando la estructura.”<sup>2</sup>

Al igual que la noción de medición tratada en el Capítulo II, la medición se trata de asignar números y se nos especifica que no es de modo arbitrario, pues se trata de una asignación numérica que es significativa en tanto que dicha asignación está expresando una propiedad real del objeto concreto o del fenómeno. Además, lo que aquí se agrega es el elemento, o mejor dicho la función del homomorfismo, que consiste en preservar la estructura del fenómeno, lo cual expresan como  $f: D \rightarrow C$  en donde  $D$  es la parte empírica del

---

<sup>2</sup> IBARRA, Andoni, *Representaciones en la ciencia, de la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, Ediciones del Bronce, Barcelona, 1997, p.151.

fenómeno y  $C$  la parte numérica.  $D$  y  $C$  se tratan de sistemas que contienen un conjunto de relaciones lógicas, es decir se tratan de sistemas relacionales;  $f$  es el homomorfismo dado entre  $D$  y  $C$ . De tal manera que  $D$  queda representado por  $C$  y esta representación se trata de un homomorfismo porque se encarga de preservar parcialmente la estructura de  $D$  transportándola a  $C$ . La función lo que hace es transformar el contenido empírico a un contenido teórico, pero en esta transformación se conserva la misma estructura del fenómeno, conservando las relaciones. De manera que con la medición lo que se está haciendo es representar las relaciones ya sean cualitativas o cuantitativas del aspecto empírico.

Resaltemos, también la noción de representación, ésta es entendida como una relación encargada de preservar la estructura del fenómeno, en este sentido las representaciones científicas se tratan de un tipo de razonamiento teórico el cual consiste en poder transferir las inferencias y resultados del aspecto teórico al aspecto empírico en donde, finalmente se está tratando con las relaciones empíricas halladas en el fenómeno a través de la medición. En esta relación de representación existe una correspondencia entre lo representado y el representante. Este tipo de razonamiento es llamado razonamiento subrogatorio, es mediante este razonamiento que se pueden representar las relaciones cuantitativas o cualitativas del fenómeno, hallando una adecuación entre el fenómeno y lo teórico. En esta adecuación o correspondencia con el fenómeno se está preservando el contenido empírico o mejor dicho se capturan las relaciones empíricas. Al ser esto posible, las relaciones empíricas se representan por medio de símbolos matemáticos o en este caso, por medio del número, de la medición. Siguiendo esto, el objetivo de la medición es preservar las relaciones empíricas, de tal modo que las relaciones de la estructura del fenómeno sean las mismas relaciones representadas en la teoría.

Esta es una de las razones por las que se puede decir que la representación científica es objetiva, porque mediante el razonamiento subrogatorio se está representando realmente al fenómeno. Se trata de una correspondencia entre la estructura del fenómeno y la estructura de la teoría, en donde en ambas se expresan las mismas relaciones.

El razonamiento subrogatorio se relaciona con la medida en tanto que en ésta se encuentra una construcción del mismo, al aplicar un símbolo matemático (el

número) a un objeto físico o concreto del mundo, lo que se rescata son las relaciones lógicas del fenómeno. Considerando esto, lo que en la teoría se trata de expresar son las afirmaciones empíricas halladas en el fenómeno a través de símbolos matemáticos, así a estos símbolos matemáticos les corresponde ciertas propiedades específicas del fenómeno. Se trata de la representación de una estructura que está formada por relaciones lógicas. Por ello mencionábamos, que la relación de representación se trata de una aplicación preservadora de la estructura del fenómeno.

Posteriormente se expondrá cómo es que se lleva a cabo el razonamiento subrogatorio en la teoría científica, retomando el ejemplo de la aparición del cometa Halley.

Antes de empezar a desarrollar el ejemplo, se comienza a tratar los elementos de la justificación objetiva, así como la noción de ésta. Teniendo en cuenta ello, se puede relacionar la justificación lógica y matemática de la teoría científica con la noción de razonamiento subrogatorio que se ha tratado. Esta relación entre la justificación objetiva y este tipo de razonamiento, permiten mostrar no sólo la relevancia de la lógica y la matemática en la objetividad del conocimiento científico, sino también cómo se aplica la homología en éste, tanto en el proceso teórico como en la corroboración de la misma teoría científica.

### **3.2) Justificación lógica y matemátización de la teoría científica como realización del razonamiento subrogatorio.**

En el capítulo anterior, al exponer la noción de consecuencia lógica, veíamos que se ponían en relación a un conjunto de premisas y el modo en que se relacionan éstas es lógicamente, de esta manera se caracterizó el conocimiento científico, como una consecuencia lógica. Lo que ocurre con la consecuencia lógica es que al tener un conjunto de premisas relacionadas lógicamente entre sí, se puede pasar a una conclusión, esta nueva proposición que es la conclusión, es el resultado de haber relacionado las premisas. A la conclusión la caracterizamos como un nuevo conocimiento que aunque está implícito en las premisas, no se encuentra explícito en éstas. Se hace explícito



al poner en relación a las premisas. Lo que se ha hecho para obtener este nuevo conocimiento es una inferencia. La inferencia es una noción involucrada dentro del conocer. Ésta es el proceso por el que se obtiene la conclusión tras razonar nuestras experiencias, en donde se pasa de ciertas creencias aceptadas a una conclusión sobre el objeto.

Relacionado con la inferencia, está involucrado en el conocimiento las creencias que se tienen implícitas o bien, el conocimiento previo con que nos acercamos al objeto por conocer. Estas creencias se han adquirido a través de experiencias anteriores: “un cúmulo de creencias me permiten en cada caso formular hipótesis...y confirmarlas. Así, ciertas creencias generales están supuestas en mi conocimiento del objeto y éste, a su vez, permite inferir otras creencias acerca de él”<sup>3</sup>. Así es como generalmente funciona la ciencia: dada una serie de creencias aceptadas, las cuales pueden ser otras teorías aceptadas por la comunidad científica, o una serie de datos precisos sobre el fenómeno, el razonamiento dado entre estos es una inferencia. Por ejemplo, Halley infirió que el cometa del cual existían varios registros se trataba del mismo y para ello, utilizó datos que otros y él mismo habían obtenido, así como la teoría de Newton, ya que en ésta encontraba el modo en que los cuerpos celestes efectúan su trayectoria y conociendo su trayectoria, es decir al saber que se trataba de una elipse, entonces conocería la posición del cometa. En este caso sabiendo ciertos hechos como el tipo de trayectoria de los cuerpos celestes, se pudo inferir que se trataba del mismo cometa. Esta inferencia es el resultado de haber relacionado ciertas proposiciones.

Es interesante cómo esta relación inferencial que se efectúa no se trata sólo de una inferencia que funciona teóricamente, sino que cada proposición se espera que corresponda con el fenómeno, de tal manera que la inferencia hecha se comprueba por el hecho mismo.

Se han mencionado, como parte del conocimiento, tres elementos involucrados: aprehensión inmediata, que es el aspecto empírico o bien la parte del sentido común, las creencias previas que aceptamos de ciertos objetos, que de alguna manera también vienen por la experiencia, y la inferencia. Esto,

---

<sup>3</sup> VILLORO, Luis, *Creer, Saber y Conocer*, siglo XXI, México 1999, p. 202.

como hemos visto, ocurre en el conocimiento habitual o cotidiano, algo similar ocurre con el conocimiento científico, pues el científico también se acerca a su objeto de estudio con ciertas creencias, acepta algo tan simple como la existencia de su objeto de estudio, digamos que esto ya lo da por supuesto. Puede también aceptar otras creencias aducidas por otros científicos, pero ha de justificar por qué cree en las razones del otro. En este conocimiento no se trata únicamente de experiencias personales, sus experiencias han de ser confirmadas no sólo por un sujeto, sino por cualquiera.

Aquí ubicamos una de las principales diferencias entre un conocimiento por medio del sentido común y el conocimiento científico: el tipo de razones con las cuales se confirma cierto hecho, es decir el tipo de justificación discurrido para llegar a cierto conocimiento. En ambos conocimientos existe justificación: en uno la justificación puede valer sólo para mí, a partir de mi experiencia; para el científico no ha de tratarse de que la corroboración sea subjetiva, sino, por el contrario de que el conocimiento adquirido del fenómeno, por medio de las teorías científicas, sea objetivo.

Lo que ocurre con la justificación del conocimiento científico es que al racionalizar el fenómeno, es decir el pasar de lo empírico a lo teórico, se trata de un proceso de matemátización sobre el fenómeno en donde se identifican partes de éste con símbolos matemáticos que conservan lo que el fenómeno es. Conservando la estructura del fenómeno, es posible representarla matemáticamente, se trata, como se menciona en el apartado anterior, de una preservación estructural por medio de los símbolos matemáticos y de las relaciones lógicas. En este sentido la estructura de los símbolos matemáticos están representando la estructura del fenómeno y dicha representación se trata de capturar de lo que el fenómeno es. En este tipo de representación se encuentra la aplicación del razonamiento subrogatorio.

Esto es lo que se ha intentado reflejar, principalmente, con el ejemplo del cometa Halley en donde a partir de observar su comportamiento, éste se racionalizó, es decir se tradujo al lenguaje matemático para poder identificar sus características principales; cada símbolo es significativo porque atrapa el contenido empírico del fenómeno o, como se dijo en el anterior capítulo, representa una propiedad específica del fenómeno.

En esta racionalización del fenómeno hay dos partes principales: la lógica y la matemática. La lógica permite establecer relaciones entre cada propiedad empírica que sea identificada matemáticamente. Al relacionar cada propiedad del fenómeno también se está viendo el orden por el cual está conformado el fenómeno. La matemática exterioriza las relaciones dadas entre las propiedades. De tal manera que estas relaciones entre propiedades, en el razonamiento subrogatorio, se trata como un sistema relacional –matemático– que representa a otro sistema relacional –empírico– en donde lo que está en juego es que se logre la aplicación del razonamiento subrogatorio, es decir que se puede tratar con el sistema relacional – matemático– como si fuera el propio fenómeno. En donde las inferencias dadas por el aspecto matemático, correspondan con lo empírico. En otras palabras, en esta correspondencia se comparan los resultados matemáticos o las inferencias hechas del fenómeno con los datos del mundo real.

El razonamiento subrogatorio se hace presente cuando al representar alguna propiedad del fenómeno, con símbolos matemáticos, se logra preservar la estructura del fenómeno. Por ello, es importante en el razonamiento subrogatorio, la interpretación que se construye con el lenguaje matemático.

Para que Newton pudiera racionalizar la órbita del cometa y para que Halley pudiera predecir su aparición, fue necesario interpretar el fenómeno matemáticamente para entender sus propiedades y relaciones.

Esta interpretación matemática del fenómeno no depende del científico, esta interpretación depende de la “captación” de la estructura del fenómeno por medio de la lógica y de la matemática. Por ello es que la interpretación forma parte del proceso de la construcción de la teoría científica y de la justificación.

Se mencionó en el primer capítulo que en el conocimiento científico se busca que su justificación sea objetiva, esta justificación es una de las principales diferencias que se mencionaron para distinguirlo del conocimiento a partir del sentido común.

Retomando nuevamente el ejemplo del cometa Halley, se va a ubicar cómo se efectúa el razonamiento subrogatorio en este fenómeno. El ejemplo se divide, en tres partes:

3.2.1) Realización del razonamiento subrogatorio en las leyes científicas.

3.2.2) Realización del razonamiento subrogatorio: de las hipótesis científicas a la teoría científica.

3.2.3) Corroboración del razonamiento subrogatorio en la teoría científica.

Anteriormente se explicó con el mismo ejemplo cada elemento involucrado en un fenómeno de este tipo, lo que se pretende hacer ahora, es resaltar la función del razonamiento subrogatorio. De modo, que en los tres subapartados se presenta el papel de razonamiento subrogatorio.

### 3.2.1) Realización del razonamiento subrogatorio en las leyes científicas

Como se ha estado repitiendo durante el desarrollo de la tesis, lo que se tiene es la parte empírica o el fenómeno y la parte teórica de éste, o bien, el constructo simbólico. Para este caso, tenemos la fórmula gravitacional de la cual se concluye esta otra parte: el movimiento del cometa es representado por una elipse. En el siguiente esquema se sintetiza lo mencionado, del aspecto teórico:

1. FÓRMULA GRAVITACIONAL:

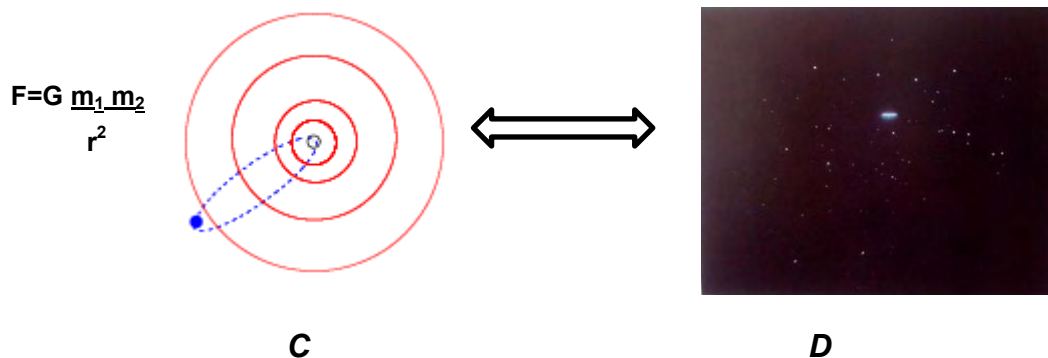
$$F=G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

2. SE CONCLUYE:  
Trayectoria elíptica

2.1. ÓRBITA TEÓRICA, DESCRITA GEOMÉTRICAMENTE

ASPECTO  
TEÓRICO DEL  
COMETA

En las siguientes ilustraciones se muestra el mismo esquema, pero ilustrado, más el aspecto empírico, es decir la observación sobre la aparición del cometa Halley. La flecha que apunta hacia ambos lados, se puede interpretar como una equivalencia material:  $C \leftrightarrow D$  que nos dice que lo mismo que ocurre en  $C$  ocurre en  $D$  y viceversa, lo que ocurre en  $D$  corresponde con  $C$ , teniendo ambos la misma estructura.



Para ubicar la parte subrogatoria del fenómeno, analicemos lo anterior en términos de sistemas relacionales en donde  $A$  es la fórmula de la gravedad,  $G$  es la trayectoria del cometa, es decir la elipse, y  $D$ , es el fenómeno. Estos tres constituyen, cada uno un sistema relacional. Nótese que el sistema relacional  $A$  es algebraico y el sistema relacional  $G$  es geométrico. Ambos sistemas corresponden con la parte empírica. Parte de esto se puede expresar con la terna  $\langle A, r, G \rangle$  y con la otra terna  $\langle G, r, E \rangle$

En donde  $A$  se trata de un sistema relacional,  $r$  la aplicación que preserva la estructura de  $A$  en  $G$  y  $G$ , el otro sistema relacional. Lo cual quiere decir que al pasar una ecuación al plano de la geometría, se encuentra el razonamiento subrogatorio al preservar la estructura algebraica en la estructura de la geometría, por lo cual es posible efectuar una transferencia de propiedades, que va del sistema relacional de una ecuación al sistema relacional de la geometría. Es decir, la figura geométrica expresa lo mismo que la ecuación en tanto que se logra representar la estructura lógica.

La aplicación subrogatorio consiste en que al transferir las posiciones del cometa, es decir, sus propiedades (esto es el sistema relacional empírico) al sistema relacional geométrico, se obtuvo con ello una órbita teórica, una órbita matemática, que correspondía con el fenómeno, esto es con las posiciones observadas astronómicamente.

De este modo vemos, que es el razonamiento subrogatorio lo que faculta que, en el caso de la astronomía, exista una correspondencia entre el cálculo que se teoriza, por decirlo de alguna manera en papel, con el objeto estudiado a

enormes distancias.

Dicho lo anterior, podemos decir que de la observación a la formulación de, en este caso la fórmula que representa la gravedad, está presente la realización del razonamiento subrogatorio. Pues lo observado: la trayectoria del cometa se representó con una fórmula matemática, que contiene los aspectos empíricos del comportamiento del cometa y sus relaciones entre dichas propiedades. Con esto, se obtiene la ley gravitatoria que como se había visto en el Capítulo I, no es otra cosa que un “relato simbólico” sobre algo empírico. En este relato simbólico del fenómeno está el razonamiento subrogatorio, en tanto que es un sistema relacional simbólico que está representando los datos empíricos. En otras palabras, el comportamiento del cometa se ha podido describir matemáticamente por medio de la ley gravitatoria. Es en esta descripción e interpretación matemática donde se realiza el razonamiento subrogatorio. Considérese también que por los datos teóricos se pudo inferir la fórmula matemática y esta inferencia, recuérdese es dada por una relación del tipo lógico. Y este elemento de la inferencia también es importante para el razonamiento subrogatorio en tanto que, una de las características ya mencionada de este tipo de razonamiento es pasar de estas inferencias teóricas al aspecto empírico. Lo que muestra en este otro sentido la realización del mismo razonamiento, pero dado desde los datos teóricos.

### **3.2.2) Realización del razonamiento subrogatorio: de las hipótesis científicas a la teoría científica**

Ahora bien, ya se mencionó la realización del razonamiento subrogatorio en general, de las leyes científicas. (Pasando de la observación al constructo simbólico o la fórmula y de esto a las leyes). Ahora corresponde relacionar la hipótesis científica como realización del razonamiento subrogatorio.

Del mismo modo, regresamos al Capítulo I para retomar que una hipótesis es un sistema de suposiciones que conectan las leyes, formando principios. Sobre esto, se decía que tales principios son el resultado de relacionar lógicamente las leyes.

Ahora considérese que la hipótesis del ejemplo sobre el cometa Halley es que

*la trayectoria del cometa corresponde a una elíptica. Si esto es así, se espera que el cometa vuelva a aparecer en determinado momento.*

El que esta hipótesis se pueda contrastar empíricamente, nos dice que se ha logrado representar la estructura relacional del fenómeno, tal como se presentó en las imágenes relacionadas con equivalencia material. De esta contrastación se habla más adelante, al tratar nuevamente de la predicción.

Nótese que tanto en la anterior sección como en esta se está trabajando sólo con los símbolos matemáticos y sus relaciones entre estos. Es aquí donde se realiza el razonamiento subrogatorio, al analizar el fenómeno a partir de los constructos simbólicos.

Anteriormente, el razonamiento subrogatorio se dio en el primer nivel representacional (las leyes científicas) en donde a partir de la simbolización matemática se intenta representar al fenómeno como un sistema relacional.

En esta segunda sección el razonamiento se da en el segundo nivel representacional al trabajar con representaciones de representaciones que funcionan para obtener cálculos y consecuencia del fenómeno.

Lo que está en juego en la hipótesis, principalmente es la relación de las leyes. En este caso la suposición sobre el cometa es dada de acuerdo a esta relación de las leyes descubiertas por Newton. De esta relación entre leyes se obtiene un principio sobre el fenómeno, lo cual sirve para realizar deducciones. Con estos fundamentos, se construye la teoría científica. La construcción de la teoría científica implica representaciones del fenómeno para poder analizarlo y conocerlo objetivamente.

La realización completa del razonamiento subrogatorio sucede en la teoría científica al lograr representar la estructura del fenómeno. Es decir, cuando no sólo se analiza la parte teórica sino también la empírica, con la finalidad de que exista una correspondencia entre estos. Lo cual, como se ha visto en este capítulo, es posible si se interpreta al fenómeno como un sistema relacional empírico.

De modo que hay razonamiento subrogatorio cuando ambos sistemas coinciden relacionalmente, esto es, cuando la teoría presenta las mismas relaciones lógicas que el fenómeno.

La teoría es la forma en que se representa un fenómeno. Entendiendo por *teoría* una representación condensada del fenómeno; esta representación condensada es un constructo simbólico, que se logra gracias a la simbolización matemática. Lo que se condensa es la parte empírica que hay en el fenómeno y esta condensación es posible gracias a la lógica, pues con ésta se infieren relaciones entre el fenómeno y el constructo de la teoría, de tal manera que existe una correspondencia entre las relaciones lógicas del fenómeno y las relaciones expresadas en la teoría. La parte teórica del fenómeno, es decir, los constructos simbólicos y sus relaciones identificadas, se transfieren a la parte empírica del fenómeno, que incluye los datos o propiedades de éste. De tal modo que las inferencias y el resultado de éstas, corresponda con el fenómeno.

El encaje entre el resultado o los resultados de las inferencias teóricas y lo empírico es lo que se explica, como se ha dicho, por medio del razonamiento subrogatorio.

El razonamiento subrogatorio es lo que se relaciona con la noción de consecuencia lógica, expuesta en el Capítulo II, sobre la predicción. Pues la inferencia dada a partir de la consecuencia lógica no sería posible si no se tuviera el aspecto de la matematización y el aspecto de la preservación de relaciones lógicas, mismas relaciones que posibilitan la inferencia entre las premisas del fenómeno y con ello el deducir y concluir algo sobre el fenómeno, de acuerdo a los datos y los constructos simbólicos.

Mientras que el razonamiento subrogatorio funciona como una equivalencia material, la consecuencia lógica, funciona como una implicación lógica.

La consecuencia lógica lo que hace es preservar la verdad entre premisas, por eso se dice que si de ciertas premisas se sigue tal conclusión, esta conclusión es consecuencia lógica de dichas premisas.

Esta consecuencia lógica se presenta como una implicación lógica que expresa una sola relación:  $P \rightarrow Q$ . La implicación lógica no expresa la preservación de relaciones lógicas, entre constructo simbólico y fenómeno; más bien expresa preservación de verdad a nivel teórico, pero que puede ser constatada empíricamente con la predicción.



La equivalencia material expresa una doble relación que va de  $(D \rightarrow C) \wedge (C \rightarrow D)$ : las relaciones empíricas de  $D$ , suceden en las relaciones teóricas de  $C$ , siempre y cuando, también suceda que las relaciones de  $C$ , sucedan en  $D$ .

La representación teórica también debe ser objetiva, pues su finalidad es representar satisfactoriamente al fenómeno, es decir, que exista una correspondencia entre lo teórico y lo empírico. En este punto aún se puede mencionar un convencionalismo en tanto que la comunidad científica es quien elige tal representación.

De manera tal que lo que se logra con el razonamiento subrogatorio es preservar y conocer todas las relaciones en la estructura del fenómeno que se quiere representar.

Ahora bien, atendiendo en parte al primer cuestionamiento sobre la correspondencia, lo que está de fondo en la representación homóloga son relaciones lógicas, se trata de que al ir de  $A$  a  $B$  es decir al representar el fenómeno llamado  $A$  con la representación llamada  $B$ , lo que posibilita una adecuación es la relación lógica que está de por medio. Así, lo que se representa son sus relaciones lógicas.

Conforme la explicación de Mormann, esta relación se puede entender como una función en donde se logra preservar la identidad del fenómeno con cada representación. La distinción entre el dominio simbólico y el empírico es relativa, ya que el símbolo se encuentra siempre en relación con otro y nunca en sentido absoluto. “Podemos interpretarla, por lo tanto, como una representación lógica: no son ni los objetos ni las estructuras los que son considerados y representados, sino únicamente las relaciones lógicas”<sup>4</sup>.

Hemos visto que durante el proceso de la teoría no sólo se da una representación, sino que se construyen más, de tal modo que es posible hablar de la representación de una representación. La teoría no se trata únicamente de una sola representación sino de un conjunto de éstas que permanecen relacionadas, Ibarra y Mormann le llaman “red representacional”. Se trata de

---

<sup>4</sup> *Ibidem* p. 18.

una red porque en ésta se hallan distintos tipos de combinaciones entre las representaciones que están relacionadas. Si se tratara sólo de una representación esta sería insuficiente para poder describir el fenómeno por completo, dejando fuera otros detalles del fenómeno. Por ello, se construyen otras representaciones relacionadas entre sí, de tal manera que cada una de éstas se complementa logrando una adecuación con lo observado. Es importante remarcar aquí el carácter complementario de cada una de las representaciones ya que no se trata de que las distintas representaciones sean repetidas sino que aquello que no se pudo representar en una, se logre complementar con otra, recuperando los aspectos esenciales del fenómeno.

Ahora, hay que precisar que las representaciones suficientes para representar todo el fenómeno es una labor que conlleva tiempo y depende de la complejidad del fenómeno, pues en éste se pueden encontrar presentes varios elementos que serán necesarios para representar al objeto:

Los ingredientes y los comportamientos suelen aparecer combinados en un fenómeno; por ejemplo, a partir de las observaciones sabemos que en una galaxia hay estrellas y gas, y que las estrellas rotan y el gas se expande. Entonces un modelo [representación] para una galaxia debería contener todo esto, pero demasiados elementos puede ser excesivamente complicado de armar y además difícil de interpretar. Así que generalmente se empieza por algo sencillo. En el ejemplo de las galaxias se puede empezar planteando un modelo con el ingrediente más importante –las estrellas– y el fenómeno o comportamiento dominante: la fuerza de gravedad. De esta manera se entiende de forma sencilla el comportamiento de la galaxia y a partir de ahí es posible ir aumentando la complejidad del modelo [representación]<sup>5</sup>.

En este ejemplo se puede ver cómo una sola representación no es suficiente para teorizar un fenómeno; en este caso se necesitarían varias representaciones para explicar el comportamiento de las galaxias, se necesitaría verificar si es importante representar de alguna manera el movimiento de las estrellas y sus compuestos o bien, el comportamiento de los mismos. Además lo que hay que buscar, también dentro del fenómeno son las relaciones entre sus componentes. Dichas relaciones se irán dilucidando a partir de símbolos hasta concluir con una construcción simbólica que represente el comportamiento de tal fenómeno.

---

<sup>5</sup> BIRO, Susana, *Para calcular el universo. Las computadoras en la astronomía*, Fondo de Cultura Económica, México, 2004, p.87.

El objetivo de estas representaciones es sintetizar la información obtenida por medio de la observación. Lo que se preserva en cada representación son las relaciones lógicas del fenómeno, mismas que han de mantenerse en la teoría. Se ha mencionado que ha de existir una correspondencia entre la representación teórica y los datos observados. Se trata de que las deducciones matemáticas correspondan con lo que brinda la experiencia; si la correspondencia es correcta, la teoría también lo es. Justo esto se debe al razonamiento subrogatorio, en donde lo importante es preservar todas las relaciones de la estructura del fenómeno en la representación.

Para corroborar que la teoría y lo empírico expresan las mismas relaciones, el razonamiento subrogatorio se comprueba con los elementos de la experimentación: aquí está presente la consecuencia lógica y la predicción.

### **3.2.3) Corroboración del razonamiento subrogatorio en la teoría científica.**

Hemos visto que los elementos para que sea posible la realización del razonamiento subrogatorio son principalmente la lógica y la matemática.

Pero también es importante el poder inferir con los constructos simbólicos.

Se había visto por otra parte, que una algo relevante en la valoración de la teoría científica es la predicción. Con la cual se constata empíricamente que la teoría científica exprese lo empírico.

La predicción se ha vinculado con la noción de conciencia lógica, como aquella que nos permite preservar verdad de las premisas a la conclusión. En general se considera el conocimiento científico como una consecuencia lógica. En tanto que dicha noción corresponde con el modo en que se lleva a cabo la predicción científica.

Con lo anterior podemos afirmar lo siguiente.

Corroborar la realización del razonamiento subrogatorio de la teoría científica, se corrobora igualmente que la teoría científica esto es, que de hecho suceda lo deducido teóricamente, en el fenómeno. En términos del razonamiento subrogatorio, que encajen las inferencias y cálculos simbólicos con las propiedades y relaciones halladas en el fenómeno. Es decir, que exista un

encaje entre las relaciones lógicas. Lo que se comprueba con la predicción científica. Lo cual presenta como:  $C \leftrightarrow D$  que nos dice que existen las mismas relaciones lógicas en C y en D.

Ahora, algunos elementos que se dan en la teoría científica: son las inferencias, deducciones y la consecuencia lógica:  $P \rightarrow Q$

Con ello podemos decir que la parte objetiva de la justificación en ciencia, o bien del conocimiento científico no depende tanto de la comunidad científica, sino de la lógica con la cual es posible establecer relaciones y ordenar el conjunto de hechos concretos observados en la parte empírica, de tal modo que estas relaciones lógicas no dependen del sujeto, son relaciones que ya están en el fenómeno y que con ayuda de la lógica y de la matemática se logran hacer evidentes.

Ahora bien, tanto en lógica como en matemática se hace uso de un lenguaje simbólico, los cuales representan parte del fenómeno que se analiza; estos símbolos tampoco dependen enteramente de la comunidad científica, es decir del sujeto, ya que el conjunto de estos símbolos representan relaciones en el fenómeno, y al lograr representar parte del fenómeno, con dichos símbolos se logra además hacer cálculos.

El cálculo es el resultado de las relaciones o conexiones lógicas descubiertas y representadas mediante la matemática, este resultado se consigue, por tanto, considerando los datos obtenidos en el análisis del fenómeno permitiendo, dentro de la teoría, llegar a una conclusión o bien a una predicción.

Con lo anterior se ha desarrollado la aplicación del razonamiento subrogatorio en la teoría científica. Para esto se habló de relaciones lógicas, relaciones entre el símbolo matemático y el objeto, así como la relación entre objeto y símbolo. Y con ello, la aplicación del razonamiento subrogatorio en las representaciones científicas. Mismas representaciones sirven para conocer al fenómeno. De modo que el conocimiento científico, desde esta perspectiva, se caracteriza como una representación homológica. Con dicha noción se acepta que el conocimiento científico no es del todo convencional, sino que por el contrario, su objetividad radica en la preservación de las relaciones lógicas dadas en las

representaciones científicas.

Se ha explicado el conocimiento científico a partir de la representación del fenómeno, que implica la interpretación entre relación entre los signos y el objeto. Lo que no se ha considerado dentro de la representación científica es el papel del sujeto como interpretante del signo.

Es importante considerarlo en tanto que es él quien le da sentido al signo, de otro modo la representación no sería posible. Por ello se considera como un elemento más dentro del conocimiento científico.

Veremos en el siguiente apartado que la función y relevancia del interprete dentro del conocimiento científico. Otro elemento que está unido a la interpretación del que interpreta es que como ya se vio durante el desarrollo de los Capítulos I y II es su carga teórica, por ello también se menciona el siguiente apartado como aquello a lo que acude el interpretante de los signos para dotar de sentido a las representaciones científicas.

### **3.3) Carga teórica e interpretación**

En términos generales, se ha expuesto con los apartados anteriores de este capítulo el objetivo de las representaciones científicas, con lo cual se explicó la función del razonamiento subrogatorio en el conocimiento científico.

De los dos capítulos anteriores se retoman la carga teórica e interpretación como elementos importantes para que la representación científica funcione y a su vez como partes constitutivas del conocimiento científico.

En lo expuesto sobre el Capítulo I y Capítulo II se ha considerado la relación signo-objeto y viceversa, en donde se vio cómo es posible la correspondencia de éstos. Anterior a esto, se ha mencionado lo que es la carga teórica y la importancia de ésta para poder dar una interpretación de los signos. La carga teórica se dividió en dos momentos: carga teórica como el conocimiento previo del científico, sobre el fenómeno, es decir el conocimiento de otras teorías o datos que le proporcionan información para poder dilucidar más sobre el fenómeno; el segundo momento, consiste en la carga teórica que se adquirió tras a ver analizado el fenómeno y construido un constructo simbólico que le ha proporcionado conocimiento del fenómeno, se identificó como una carga

teórica enriquecida.

Respecto a la interpretación lo que se ha mencionado es su relación con la carga teórica. En tanto que la interpretación depende de la carga teórica, esto se ejemplifica claramente al retomar, por ejemplo, las leyes de Newton y el hecho de la aparición del cometa Halley en donde éste, se explica por la teoría newtoniana. En este caso Edmund Halley tenía como carga teórica, los datos recabados de otros científicos y la teoría newtoniana, con lo cual pudo explicar y predecir la trayectoria del cometa.

Se mencionó que el científico puede justificarse a través de las creencias de otros científicos, al retomar ciertas teorías o conceptos ya establecidas por la comunidad científica. Se puede decir que el científico tiene una carga teórica que se ha construido a lo largo del tiempo gracias al aporte de otros científicos y al propio desarrollo de la ciencia.

En todo este proceso el sujeto cobra relevancia en el momento que al querer conocer es intérprete de los signos que representan al fenómeno o de los datos empíricos que habrá de teorizar. Por lo que, en este capítulo se trata esta relación entre el interpretante y el signo.

La relevancia es tratar al interpretante o interpretantes como un elemento más dentro de la representación científica, es decir si ya se trató a la representación como un proceso de relaciones entre el fenómeno y los símbolos, ahora se agrega el interpretante. En este sentido la carga teórica se forma por una comunidad de interpretantes.

En tanto que representaciones científicas es necesario que haya un sujeto que exprese las representaciones del fenómeno y para representarlo hace una interpretación. El intérprete cumple también con la función de ser la mediación entre signos, por ello se considera como un elemento más en el proceso de las representaciones científicas.

Según Ibarra y Mormann lo que hace el interpretante es sintetizar toda la información del fenómeno y plasmarla por medio del signo.

Ahora bien, lo que significa el signo, no es algo que esté en el fenómeno, sino que más bien la significación depende de todo el proceso de representación ya planteado. Lo que pueden hacer los científicos, como interpretantes en un

segundo momento, por decirlo de alguna manera, es crear significados nuevos en la teoría o bien ampliar el significado que ya se tenía.

El objetivo del interpretante es acotar el significado del signo, de acuerdo al contexto de los otros signos, es decir, plasmar la relación de unos con otros. Lo que le proporciona más información sobre el fenómeno representado, en tanto que conoce cómo relacionar sus propiedades y obtener un cálculo.

De acuerdo con esto, se puede decir que el progreso del conocimiento científico está relacionado con el progreso de los interpretantes.

Hemos visto que la representación científica es un constructo simbólico y al respecto también se dijo que en el proceso de representación lo que se hace es representar un sistema racional por otro sistema racional. Desde esta perspectiva, igualmente, el conjunto de signos forman un sistema de representaciones.

Cabe señalarse que tal proceso no es arbitrario, pues está determinado según la intencionalidad que se tenga al querer profundizar más sobre el significado de los objetos o fenómenos. Es decir depende del propósito con el cual se ha hecho la representación científica del fenómeno.

Lo que hace el científico al elegir el tipo de representaciones simbólicas se justifica de acuerdo a los datos y a las teorías admitidas por él, en otras palabras a la carga teórica.

Con esto, se tiene otro elemento a considerar en la representación científica, la intencionalidad, esto es que la representación está hecha para algo y dependiendo de lo que se quiere aclarar o conocer con la representación, es el modo en que se interpreta. Lo que hace el intérprete es elegir las representaciones más adecuadas según su aplicación intencional.

Ibarra y Moramann aclaran que el interpretante ha de considerarse como un signo más. Siendo así, el proceso interpretativo en el que intervienen los signos, no es de intérpretes, sino de signos. Es por ello, que este signo media entre los demás, como se había dicho anteriormente se trata con el signo, como si se estuviera tratando con el mismo fenómeno, aunque se sabe que en el fenómeno de ése signo no está.

La noción de interpretante, se considera en Ibarra y Mormann desde una perspectiva pragmática, en la cual ha de considerarse el aspecto de las condiciones del interpretante para elegir la significación, esto está determinado por la carga teórica, pues en ésta se basa su coherencia para la aplicación del signo, en donde interviene la secuencia histórica y la secuencia de interpretantes. Este aspecto se vincula con una caracterización de la teoría científica como un hecho colectivo, en donde como se ha visto la teoría no depende de un solo interpretante o de un sólo signo, sino de la relación entre estos, así como de sus hallazgos.

Otro aspecto que ha de tomarse en cuenta, respecto al requisito de la coherencia es que está relacionada tanto con la comunidad de agentes cognitivos como con los procesos teóricos. Es decir el sistema de signos ofrece una posible aplicación, pero los usuarios de tal sistema son los que eligen coherentemente entre las interpretaciones. El científico puede explicar un fenómeno dependiendo de lo que ya conoce; si tiene, por ejemplo, un conocimiento claro de lo que es la teoría de la gravedad, puede interpretar otro hecho o fenómeno a partir de esta teoría, ya que su carga teórica sobre la gravedad le proporciona las bases para interpretar tal hecho de cierta manera.

Finalmente, es importante remarcar que al no tratarse de una elección arbitraria, los interpretantes del objeto, también son regulados en tanto que no se va aceptar cualquier interpretación que no respete el requisito de coherencia.

Para terminar con este apartado, ha de resaltarse que sin el aspecto del interpretante las representaciones científicas ningún sentido tendrían, pues es el interpretante quien le otorga el sentido y le da significado a las representaciones, y además significado empírico de acuerdo con el fenómeno.

Dado que la comunidad de agentes cognitivos, son los interpretantes y ellos mismos quienes deciden la significación del signo, se podría considerar una actividad convencional en la interpretación.

Para no reducir el conocimiento científico en un convencionalismo, se verá en la siguiente sección que si bien es cierto el conocimiento científico está impregnado de cierto convencionalismo, la actividad científica representacional



no es del todo convencional. Con otras palabras el que exista cierto convencionalismo en la actividad científica, no implica que el conocimiento científico sea únicamente por convenciones.

### **3.4) Convencionalismo en el conocimiento científico**

Para desarrollar esta sección se ofrece una noción común de lo que se entiende por convencionalismo. Con la cual se añade además algunos de los rasgos de los criterios para evaluar una justificación científica. Posteriormente se añade una noción más precisa de convencionalismo, la cual contraponemos con el objetivo principal de esta investigación que es, la objetividad del conocimiento científico. Para esto, se relaciona la justificación objetiva, con lo ya planteado sobre el razonamiento subrogatorio, a saber las relaciones lógicas con lo que rescata la objetividad del conocimiento científico.

Se entiende por convencionalismo el que un grupo de sujetos, en este caso los científicos, lleguen a un acuerdo para saber que proposición es verdadera o falsa. Para llegar a este acuerdo, han de evaluar las razones dadas; para esta evaluación existen criterios que deben considerar como el que se trate de razones concluyentes, completas y coherentes, pero sobre todo se espera que sean suficientes para cualquier sujeto que tenga acceso a éstas, para cualquier miembro de la comunidad científica.

De este convencionalismo se puede decidir si tal creencia es objetiva, de tal modo que la justificación objetiva es dada por la comunidad científica, pues son los científicos quienes cuentan con el conocimiento para evaluar la justificación de la teoría.

Nótese que con base en la carga teórica el científico está justificando un hecho, pues está apelando a lo que sabe, que ya ha sido aceptado por la comunidad científica, es decir se está basando en lo que otro científico ha dicho. Aun así se conserva la parte objetiva del conocimiento en tanto que las razones dadas para creerle a otro siguen siendo objetivas, pues se guía por las razones aducidas por otros científicos y no por su conocimiento personal. Esto sucede

en la práctica científica, el servirse del conocimiento de otro u otros científicos para explicar un nuevo hecho.

Otro punto importante sobre el conocimiento científico, es el referente a la observación científica y el modo en que interpreta lo que ha observado. Si interpreta de tal manera un fenómeno tiene que dar razones objetivas del por qué lo está interpretando de cierta manera. Ya se ha mencionado el papel de la carga teórica a este respecto y cómo influye en la interpretación, así como el papel del interpretante.

Hasta aquí, se ha mencionado cómo el convencionalismo puede formar parte del conocimiento científico, pero aún falta mencionar el resto de los criterios que se han de evaluar.

Primero empezaremos con los criterios que el sujeto debe considerar para aceptar su propia justificación. Villoro nos expone tres aspectos: dos de estos criterios ya se han mencionado, el primero es que se consideren concluyentes las proposiciones; el segundo, que exista una coherencia con el resto de las creencias del científico. Un tercer criterio es que el científico tenga completas sus razones, para que de estas pueda inferir el grado de probabilidad de su creencia.

Por otra parte, la comunidad científica se encargará de evaluar sus razones y de decidir si tal creencia es objetiva. En este criterio de objetividad lo que se esperaría es no encontrar razones que se contradigan ya que esto haría que la justificación no sea válida. "Una condición necesaria de que un conjunto de razones sean suficientemente objetivas y por ende, justifiquen un saber es que no haya razones que puedan revocarla."<sup>6</sup> De tal modo que sólo pasará esta evaluación si al considerar objeciones y contraejemplos, la justificación logra responder a estas. De este modo, se estaría tratando una objetividad establecida y aceptada por la comunidad científica, de la cual se podría criticar que siendo estrictos no sería objetiva ya que el sujeto sí está influyendo en tal objetividad, en este caso el sujeto o los sujetos son los científicos, pero aun así su decisión no está anclada a cuestiones personales o subjetivas.

---

<sup>6</sup> *Ibidem*, p, 157.

Sin embargo, también hay que considerar otra parte de la justificación objetiva que no depende de un convencionalismo y es la justificación que se logra a partir de la lógica y la matemática.

Para este punto será importante mencionar la noción de teoría, así como su relación con la lógica y la matemática, para dar paso a la justificación que se logra con la lógica y matemática.

Antes de desarrollar esta parte, se menciona otra noción más precisa de convencionalismo que menciona Sebastián Álvarez. Se menciona con el propósito de contraponerlo con la idea general de esta investigación que es principalmente referida a la objetividad del conocimiento científico. En donde la lógica y la matemática ocupan un lugar primordial.

Se entiende por convencionalismo en filosofía de la ciencia al punto de vista según el cual la formulación y la aceptación de hipótesis y teorías científicas no responden de modo significativo a criterios lógicos o experimentales sino que son, sobre todo, resultados de acuerdos libremente adoptados por la comunidad científica...<sup>7</sup>

Habíamos señalados durante anteriores capítulos que algunos criterios para la elección de hipótesis es que exista una coherencia lógica y por ende que no se encuentren contradicciones lógicas. Pero también es cierto que se ha mencionado que la sencillez de la teoría es una parte importante que se considera para su elección, así como el que explique no sólo un hecho sino que funcione para explicar varios. Como la teoría de gravitación que funciona para todo objeto celeste, pero también funciona en la tierra. Se podría aceptar incluso que en la elección de hipótesis hay convención, en tanto que los científicos eligen que hipótesis son aptas y cuáles no lo son. Se acepta también que generalmente la experimentación no le señala al científico en dónde está el error, pues como se vio en el Capítulo II, no se evalúa por separado a cada hipótesis sino al conjunto de éstas. Por ello Duhem ha señalado que muchas veces depende de la sagacidad del científico. Sin embargo, dicha “sagacidad”, aun cuando depende de la elección del o de los científicos, no lo resuelve

---

<sup>7</sup> ÁLVAREZ, Sebastián, *Racionalidad y método científico*. Enciclopedia iberoamericana de filosofía, Racionalidad epistémica, Ed. Trotta, Madrid, 2006, versión PDF, p.148.

apelando a sus criterios y creencias personales, sino haciendo referencia a una coherencia lógica.

La concepción convencionalista del conocimiento científico apela también a que el científico carece de un criterio lógico que lo guíe para determinar ciertas decisiones y por ello, estas resultan ser convencionales.

Justo lo que no se acepta es el que se nieguen los criterios lógicos, debido a las consideraciones ya mencionadas sobre los criterios para la elección de hipótesis, por un lado. Por otro lado y principalmente porque en la presente investigación se apoya la noción de razonamiento subrogatorio, en donde lo que prevalece son las relaciones lógicas y éstas son representadas.

Se podría decir que hay convencionalismo cuando el científico apela a la creencia justificada de otros científicos y cuando la comunidad científica evalúa alguna teoría. Sin embargo en donde no se acepta que se introduce el convencionalismo es en el aspecto de los sistemas relacionales lógicos. Dicho de otro modo, las relaciones lógicas representadas por los símbolos matemáticos no dependen del científico en tanto que es una estructura que ya está dada.

Por lo que se acepta la introducción del convencionalismo en la carga teórica del científico y en la economía intelectual, es decir preferir una teoría por su sencillez, mayor abarcamiento de los fenómenos, etc. Pero este convencionalismo no reduce todo el conocimiento científico a un convencionalismo.

De modo que, la objetividad del conocimiento científico está dada por la preservación de relaciones lógicas. Son las relaciones lógicas preservadas en las representaciones científicas lo que hace que se puede lograr un conocimiento científico objetivo.

## **CONCLUSIONES**

Los elementos que principalmente se trataron, para investigar sobre la objetividad de conocimiento científico han sido:

- La construcción de la teoría científica

- Introducción de las nociones de consecuencia lógica y razonamiento subrogatorio
- El aspecto convencional en el conocimiento científico.

De acuerdo a estos aspectos, se puede decir que el primordial objetivo de esta investigación ha sido mostrar que la objetividad del conocimiento científico es posible. En la búsqueda de tal objetivo, se analizó la construcción de las teorías científicas, para acercarnos a las características del conocimiento científico. En donde se vio que un aspecto principal dentro de las teorías es la matemátización del fenómeno para poder conocer.

El haber dilucidado sobre la construcción de las teorías científicas nos lleva a considerar a la teoría como un sistema representacional en el que se ubicaron dos niveles representacionales, que dan cuenta de que la teoría científica no se construye a partir de una sola representación sino que hay de por medio más representaciones que conforman a las teorías científicas. Lo cual implica que, al tratarse de representaciones de otras representaciones, éstas están justificadas por otras teorías, mismas que ayudan a analizar la teoría de otros fenómenos. De modo que, parece que las teorías se encuentran entrelazadas, dependiendo de los campos correspondientes, por ejemplo, a menudo encontraremos que las teorías físicas se relacionan con la astronomía, o que en las teorías se recurre a nociones de otras teorías.

Ello nos da la pauta para reflexionar que, al menos el conocimiento científico parece estar formado por una pluralidad de teorías científicas. Lo que se podría analizar filosóficamente como una pluralidad en la ciencia.

Por otro lado al considerar la noción y realización del razonamiento subrogatorio en las representaciones científicas, así como la noción de consecuencia lógica, con las cuales se logró cumplir el objetivo principal, ya que con dichas nociones encontramos que donde el sujeto no interviene es en el dominio de las relaciones lógicas, las cuales ya se encuentran dadas y no dependen de la concepción del sujeto. Así, estas nociones se consideran primordiales para la objetividad del conocimiento científico.

Al mostrar que es posible la objetividad del conocimiento científico, nos damos cuenta de que existe algo en los fenómenos que nos permite conocerlos como son en sí, esto es como se ha dicho, una estructura lógica que podemos ver a través de símbolos matemáticos y relaciones lógicas. Sin embargo, el aceptar que sí hay conocimiento objetivo, o al decir que una teoría científica es objetiva, no implica decir que la objetividad nos asegure la totalidad del conocimiento sobre el fenómeno. Por ello, en la ciencia se ha visto un progreso, han existido avances científicos que han permitido volver a corroborar una teoría o repensar en algún problema que se pensaba ya estaba concluido.

Sin embargo, se reconoció la importancia del sujeto como intérprete de las representaciones científicas, ya que es el mediador del fenómeno representado. Ello quiero decir que el conocimiento científico, visto como una representación (homológica) no se trata sólo de obtener exactitud entre fenómeno y representación, ya que de ser así, el sujeto no tendría ningún papel mediador entre los signos. Visto así, el conocimiento científico quedaría ajeno del mismo sujeto que construye y arregla las representaciones, pues si éstas ya resultan ser exactas no necesidad de la intervención del sujeto.

Ello es lo que da la pauta a cuestionarse sobre si en verdad la objetividad del conocimiento científico es independiente del sujeto o si más bien ésta se reduce a un convencionalismo entre la comunidad epistémica.

Esto nos dice que la objetividad se va formulando poco a poco, se puede ver como proceso del conocimiento, por ello de una teoría científica no se puede decir que esté totalmente finalizada, sino más bien que puede aún estar en desarrollo. Como decía Pierre Duhem, en la realidad no se trata con símbolos, lo que se tiene son hechos concretos y los símbolos resultan ser más o menos aptos para representarlos, pero habrá un momento en que si la ciencia continua desarrollándose, aquel símbolo mostrará un desajuste con la realidad. Lo cual no quiere decir que sea imposible que lo esencial del fenómeno se manifieste a través del constructo simbólico, porque el que exista un desajuste no elimina a la teoría por completo, no quiere decir que ésta no se relaciona en absoluto con la realidad, suponiendo que ya ha sido corroborada y que se obtuvieron pruebas de que la teoría era la más apta para explicar al fenómeno,

lo que sucede más bien, es que puede existir un desajuste dentro del constructo simbólico que si es posible mejorarlo, se apegará más a la realidad.

De acuerdo a lo ya mencionado, se puede decir que una de las características del conocimiento científico es el carácter representacional del fenómeno. Este tipo de representaciones son específicas de la práctica científica, con las cuales se logra preservar la estructura del fenómeno. Preservando esta estructura lógica, que es propia del fenómeno. Se logra la objetividad del conocimiento científico, en tanto que las relaciones lógicas son relaciones dadas en la realidad.

Ahora bien, el análisis de la objetividad fue presentado desde un enfoque representacional de la ciencia, en donde este tipo de representación se trata de un proceso dialéctico, pero se podría profundizar en futuras investigaciones sobre la noción misma de representación abordada como razonamiento subrogatorio. Esto estudiándolo desde una teoría de las representaciones en la cual se estudie los alcances y posibles limitaciones de la noción. Dicha teoría podría estar anclada también, a una teoría del conocimiento que nos dicte ¿qué es lo que podemos conocer?

Por otra parte, según nuestras nociones principales para la objetividad, quizá se podrían considerar más adelante como un criterio para determinar la objetividad del conocimiento. En donde se tendría que rastrear si hay consecuencia lógica en tal conocimiento y si la aplicación del razonamiento subrogatorio se cumple. Tratando del conocimiento científico parece no ser demasiado problemático, el asunto sería extender dicho criterio hacia otras áreas del conocimiento que se pretenden evaluar como objetivas. El interés de rastrear la objetividad del conocimiento sería que nos interesa saber cómo es el objeto en sí mismo o bien, según la concepción planteada en esta investigación, acercarse a las relaciones lógicas intrínsecas del objeto.

Finalmente, tratar el conocimiento científico como representación, trae de tras una tradición que consiste en vincular conocer con representar, en este sentido, conocer es representar, pero representar al nivel de semejanza, en la cual no se logra del todo conocer al objeto. En donde se rompe esta tradición es en la noción de representación, la cual ya no es considerada como semejanza sino

como homológica, en donde cómo se vio, lo que interesa es la preservación de las relaciones lógicas, para conocer el fenómeno.

### **Bibliografía básica**

- DUHEM, Pierre, *La Teoría Física su objeto y su estructura*, Herder, Barcelona, 2003.
- GÓMEZ Torrente, Mario, *La noción de consecuencia lógica*. Enciclopedia iberoamericana de filosofía, Filosofía de la lógica, Ed. Trotta, Madrid, 2004.
- IBARRA, Andoni, *Representaciones en la ciencia, de la invariancia estructural a la significatividad pragmática*, Ediciones del Bronce, Barcelona, 1997.
- \_\_\_\_\_, (2002). Una teoría combinatoria de las representaciones científicas. *Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Volumen XXII, (95).
- \_\_\_\_\_, (2001). El descontento de la filosofía tradicional de la ciencia con el concepto de representación. Réplica a Sergio Martínez, *Crítica, revista hispanoamericana de filosofía*, Volumen 33 (99): 97-109.
- MARTÍNEZ, Sergio, Historia y combinatoria de las representaciones científicas. Comentario a la propuesta de Ibarra y Mormann, *Crítica, revista hispanoamericana de filosofía*, Volumen 33 (99): 75-95, diciembre 2001.
- MOULINES, Ulises, C, *Fundamentos de Filosofía de la Ciencia*, Ariel, Barcelona, 2008.
- RODRÍGUEZ, Zaragoza, Ma. Esperanza, *Representación y Ciencia*, México, 2007. Presentada en la Universidad Nacional Autónoma de México para obtener el grado de Licenciado en Filosofía.
- VILLORO, Luis, *Creer, Saber, Conocer*, Siglo XXI, México, 2012.

### **Bibliografía complementaria**

- ÁLVAREZ, Sebastián, *Racionalidad y método científico*. Enciclopedia iberoamericana de filosofía, Racionalidad epistémica, Ed. Trotta, Madrid, 2006, versión PDF,
- ASIMOV, Isaac, *El cometa Halley*, versión PDF.



- BARCELÓ, Axel, (2003). *¿Qué tan matemática es la lógica matemática?* Diánoia, Volumen XLVIII, Número 51, (28).
- BIRO, Susana, *Para Calcular el Universo. Las computadoras en la astronomía*, Fondo de Cultura Económica, México, 2004.
- COMELLAS, José Luis, *El cometa Halley, 1985-86. Guía para su observación*, Salvat, Barcelona, 1985.
- DARÍO, Maravall Casesnoves, (2010) *Los Métodos Matemáticos de la Astronomía y de la Cosmología*, Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat., XI Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica, Vol. 104, Nº. 1, pp 1-26.
- GARCÍA, Olvera Francisco, *Antrophos. El misterio del hombre II*, Unidad de Servicios Editoriales, México, 1995.
- KOYRÉ, Alexander, *Estudios Galileanos*, Siglo veintiuno, España, 1980.
- \_\_\_\_\_, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Siglo veintiuno, España, 1977.
- \_\_\_\_\_, *Del Mundo Cerrado al Universo Infinito*, Siglo veintiuno, España, 1979.
- LIVIO, Mario, *¿Es Dios un matemático?*, Ariel, España, 2009.
- RODRÍGUEZ Zaragoza, Ma. Esperanza, *Condiciones para la objetividad lógica: caso particular: la noción de consecuencia lógica*, México, 2010. Presentada en la Autónoma de México para obtener el grado de Maestría en Filosofía.
- RORTY, Richard, *Objetividad, Relativismo y Verdad*, Paidós Básica, Barcelona, 1996
- STEGMÜLLER, Wolfgangautor, *Teoría y experiencia*, Ariel, Barcelona, 1979.
- VIVES, Teodoro, *El cometa Halley: introducción al estudio de los cometas*, Progensa-Hermann Blume, España, 1985.
- Manual para la observación de cometas. Parte I. Métodos. Ignacio Ferrín. 1985.  
<http://www.tayabeixo.org/tecnicas/cometas/cometas.htm>
- <http://www.astrosurf.com/cometas-obs/ArtSoftUtil/Glosario/magnitud.html>
- Guía completa para observar el cometa C/2014  
<http://www.vega00.com/2014/12/guia-completa-para-observar-el-cometa-lovejoy-c2014q2.html#.VYd82iGnkE4.facebook>