

Análisis de la predicción científica en Isaac Newton

Analysis of the scientific prediction in Isaac Newton's work

Gonzalo Rodolfo Villacís Rivas¹

1. Universidad Nacional de Loja;

*autor para correspondencia: gvillacis1@yahoo.com

Recibido 10 de junio 2014; Aceptado 19 Septiembre 2014

Resumen

Caracteriza, en forma breve, la Predicción Científica en la obra de Isaac Newton. El estudio se circunscribe a la magistral obra Principia, relevando aquellos elementos predictivos implícitos, presentes en los escritos del gran sabio inglés, los mismos que son examinados desde los conceptos fundamentales de la Predicción Científica. Se explica la transición experimentada por Isaac Newton, al pasar desde una actividad básicamente teológica, a un desarrollo sistemático como físico y a un perfeccionamiento personal como filósofo; la precisión de los enunciados correspondientes a las tres leyes de la mecánica clásica son una prueba evidente de la genialidad del científico; estas leyes son, además, el mejor ejemplo del carácter predictivo patentado en su vastísimo trabajo intelectual. Para facilitar la comprensión de la predicción científica en Newton se analiza su contribución como físico, poniendo énfasis en la obra Principia, sin que ello signifique disminuir su accionar filosófico y matemático.

Palabras clave: Ciencia, Principia, ley, filosofía, mecánica.

Abstract

This work presents a brief characterization of Scientific Prediction in the work of Isaac Newton. The study is focused on his work, "Principia", which reveals predictive elements present in the writings of the wisest English writer, these are examined from the fundamental concepts of Scientific Prediction. It explains the experimental transition experienced by Isaac Newton, from basic theological activities to his development as a physicist, and his personal improvement as a philosopher; the accuracy of the statements corresponding to the three laws of classical mechanics, are clear evidence of the genius of the scientist; these laws are also the best examples of patented predictive character in his vast intellectual work. To facilitate the understanding of scientific prediction in Newton's works this study analyzes his contribution as a physicist, with a focus on "Principia", without diminishing his philosophical and mathematical actions.

Key words: Science, Principia, law, philosophy, mechanical.

Introducción

Según Bernard Cohen (1981), desde hace tres siglos, se ha forjado una tradición epistemológica que concibe a los cambios científicos como una sucesión de revoluciones. Entendida la “revolución” como “un cambio radical y una ruptura con el modo tradicional y aceptado de pensar, creer, actuar, con la conducta social acostumbrada o con la organización social y política” (Cohen B. 1983).

Caracterizar la Predicción Científica en el pensamiento y la obra de Isaac Newton es una tarea ardua y difícil y a ello contribuyen las dos fases bien diferenciadas de su actividad intelectual. La primera, enmarcada en un quehacer pseudocientífico y profundamente místico y religioso, que se proponía descubrir los misterios de la Alquimia y considerar la existencia de un Creador en la formación e interpretación del Universo. La segunda, en cambio, influenciada por Galileo, Brahe, Kepler, Huygens y Descartes y motivada por su maestro Barrow, dedicada a una vasta producción intelectual con alto rigor científico; que parte desde los criterios básicos de la dinámica, cuyo origen está en las tres leyes de Kepler, se amplía con diversos conceptos sobre fuerza y gravitación, inicialmente trabajados por Galileo hasta concluir en su obra más importante Principia; por otra parte, está la preocupación en el tratamiento de la naturaleza de la luz, expuesta en Opticks.

Muchos autores colocan a Newton en la etapa final de una Revolución Científica y, por lo mismo, en el inicio de otra. En esa línea, constituye un buen ejemplo en el análisis de las teorías factuales, desde diferentes paradigmas. La mecánica, la dinámica, las leyes de Newton, la teoría corpuscular de la luz, en esa secuencia, se prestan para facilitar el estudio, principalmente, de las concepciones semánticas de las teorías como entidades modélicas. Aún con la polémica inicial que caracterizaron a sus propuestas científicas, propias de la naturaleza de éstas, los elementos predictivos permiten elucidar la gran mayoría de los cuestionamientos, inexplicados hasta antes de Newton, referidos al movimiento de los cuerpos, las características y participación de diferentes clases de fuerzas evidentes en el Universo, la naturaleza de la luz y los principios del cálculo.

El grado predictivo de un científico determina la naturaleza de su excepcionalidad intelectual. Desde la inducción Newton puede recorrer con gran acierto, diferentes parajes del “Mundo”,

tratando de interpretarlo, avanzando desde el discurso filosófico a la abstracción matemática y luego a los postulados de la Física; de esta manera va precisando el comportamiento material de los sistemas mecánicos que gobiernan el Universo; como resultado de tan increíble esfuerzo se dispone de lo que hoy llamamos Física clásica.

Este trabajo tan sólo constituye una aproximación inicial de lo que es posible examinar, en relación a los conceptos y criterios filosóficos presentes en los escritos de Newton, en torno a su filosofía y predicción científica. Se advierte al lector que varios aspectos serán omitidos, ya que el análisis de estos requerirá de un trabajo más exhaustivo y profundo que puede ser objeto de otra investigación.

El cometido de la predicción para contrastar teorías científicas

Desde el punto de vista filosófico-metodológico, la Predicción Científica tiene algunos rasgos constitutivos y en su estudio se reconocen tres vertientes: “1) Predecir es habitualmente un objetivo de la Ciencia, como se puede apreciar históricamente tanto en la etapa moderna como en la época contemporánea. 2) La predicción es también un test que sirve para dirimir si un enunciado es o no científico... 3) La predicción es así mismo un factor clave en las ciencias aplicadas.” (González *et al.*, 2010).

Como objetivo, la predicción puede abarcar a la ciencia básica (directa); y a la ciencia aplicada (indirecta) (González *et al.*, 2007); a su vez la ciencia puede establecer hipótesis-teoría en ciencias básicas; y predicción y prescripción en Ciencias aplicadas; en donde se ubica a la predicción (futuro, explora lo probable y lo preferible) y a la prescripción (evalúa medios para alcanzar fines) (González *et al.*, 2010).

En la ciencia, podemos relacionar a la predicción con el siguiente conjunto de elementos: lenguaje, estructura, conocimiento, proceso/método, actividad, fines y valores (éticos).

Según Thomas Kuhn (1962), la predicción es lo que más aprecia la ciencia; estableciéndose y existiendo una distinción importante entre predicción cualitativa y predicción cuantitativa.

A partir de estas categorías emerge la idea de objetividad, actividad crítica, autonomía y progreso; así mismo, se reconoce una diferenciación devenida del distinto grado de conocimiento

respecto del futuro. Entendiéndose al “futuro” como previsión (sight), predicción (prediction), pronóstico (forecast), planeamiento o planificación (planning). Desde otra perspectiva, se encuentra la explicación, que puede ser metodológica (deductiva), probabilística (inductiva), funcional y general (histórica).

En el debate de la predicción como test científico se establece una distinción entre protociencia (algo que todavía no es ciencia, que se encuentra en estado embrionario); ciencia; y pseudociencia (falsa ciencia). Existen algunos debates, a su vez, sobre la demostración para llegar a esta identificación. Por ejemplo en Economía, para J. Hicks (Nobel de Economía de 1972), la economía todavía no es ciencia; para M. Friedman (Nobel de Economía de 1976), la economía es ciencia y puede hacer predicciones con el mismo nivel de rigor que puede tener la física; para J. Buchanan (Nobel de Economía de 1986), podemos diferenciar dos aspectos distintos: objetivos con rigor de la física y objetivos relacionados con elecciones individuales. Sitúa a la economía que involucra a la ética, recordando que quien inició esto fue H. Simon (Premio Nobel de Economía de 1978), quien señala que se debe ser cauto en el uso de la predicción como test científico. En economía principalmente, es de interés comprender los procesos de toma de decisiones, en los cuales se da mucha importancia a la “observación”.

En la distinción predicción-prescripción se puede señalar que para cada problema de ciencia aplicada es conveniente hacer una predicción futura, a corto, mediano o largo plazo; y es necesario hacer prescripciones, antes de saber cómo actuar. “Para realizar la predicción se requieren dos requisitos básicos: i) la comprensión teórica del fenómeno que se predice, y ii) el conocimiento de las condiciones iniciales. En efecto, la predicción es la anticipación de lo que ocurrirá de seguir con las condiciones en las que se está. Esto comporta el conocimiento de la situación, de los elementos que intervienen en ella y de cómo intervienen. Hemos de poder anticipar qué consecuencias se seguirían al modificar alguno de esos aspectos, que variación provocaría” (González et al., 2010).

Es necesario diferenciar, así mismo, la predicción general de la especial. Karl Popper (1935) se dedicó al estudio de la predicción en ambos planos. El plano “general” tiene relación con el ámbito “creativo” de la metodología de la ciencia en conjunto; por ejemplo Einstein propuso crear

mediciones para tratar de falsar su teoría; mientras que, el plano “especial” está relacionado con el historicismo.

En la metodología de la investigación científica, particularmente al abordar proyectos de investigación científica, se establece que existe “progreso” si se predice hechos nuevos. De otro modo un programa de investigación científica es degenerativo, cuando sólo busca acomodarse a los hechos y se conforma con ello. Cabe destacar que Stephen Toulmin (1960), Tomas Kuhn (1962) y luego Imre Lakatos (1965), aportaron también en estos aspectos, dentro de la filosofía y metodología de la ciencia. Lakatos introdujo un componente adicional en el que sostiene que no se debe analizar la ciencia sobre una base lógica sino histórica.

Trayectoria científica de Newton, desde “De Motu Corporum in Gyrum” a “Principia”

La obra científica de Isaac Newton es vastísima; pero dos grandes tratados bastan para catalogarlo como un genio: “Philosophiae Naturalis, Principia Mathematica (1687); y aunque en menor grado, Opticks, (1704)”, un año después de haber sido electo presidente de la Sociedad Real de Londres, de la cual era miembro desde 1672. Existen otras publicaciones, no menos trascendentes, que afianzan la figura del sabio inglés, como un científico versado en matemática, filosofía y física: “Arithmetica universalis (1706), y una serie de manuscritos inéditos, conocidos como Colección Portsmouth”.

Previo a Principia, en respuesta a un pedido del Dr. Halley (Noviembre de 1684), Newton escribió un breve tratado de nueve páginas, bajo el título de “De motu corporum in gyrum” (Sobre el movimiento de los cuerpos en una órbita), que más tarde daría lugar a una obra más completa denominada simplemente “De motu corporum”, paso previo a su revolucionario Principia. En De Motu corporum in gyrum parte del trabajo realizado por Johannes Kepler (1600) y realiza demostraciones más amplias, como por ejemplo que “una órbita elíptica produce una fuerza del inverso del cuadrado hacia un foco... o que una fuerza del inverso del cuadrado produce una órbita cónica, la cual es una elipse en velocidades por debajo de un cierto límite.” (Westfall, 2007). Sin embargo, este tratado no hacía ninguna referencia a algo que más tarde sería motivo de un profundo análisis: el espacio absoluto; pues la fuerza

inherente de los cuerpos por él explicada hasta ese entonces, definía con acierto sus movimientos absolutos.

Para extender estos criterios, Newton perfecciona *De Motu corporum in gyrum* hasta estructurar un tratado más amplio que representará la “creación de su dinámica”; esto es *De Motu Corporum* (Sobre el movimiento de los cuerpos). *De Motu* contenía, en un inicio, cuatro teoremas y cinco problemas relacionados con el movimiento en un espacio sin resistencia; luego de tres versiones, Newton dio forma final a la transformación de su dinámica. “Por entonces su trabajo se desarrollaba sobre el rigor de la lógica... y a medida que apuntaba hacia una dinámica cuantitativamente rigurosa, las alteraciones de las definiciones del movimiento transformaron su concepto de la fuerza inherente...”. (Westfall, 2007)

Retoma el concepto de fuerza inherente y se enfoca en la acción de ésta sobre una fuerza completamente transformada. “Para reemplazar el paralelogramo de fuerzas, que relacionaba ambas en la versión original de *De Motu*, concibió una tercera ley del movimiento que ha llegado hasta nosotros, con distinta redacción, como la tercera ley” (Westfall, 2007). Se considera que Newton creó la ciencia moderna de la dinámica entre 1684 y 1685, constituyéndose en la herramienta que utilizará para completar el resto de su tarea.

En relación a la evolución de su labor científica emerge una interrogante ¿Porqué Newton no continuó simplemente expandiendo su inicial *De Motu*, en lugar de proponer luego los *Principia*? La respuesta al parecer sería: *Principia* era una investigación sobre las fuerzas centrípetas y su influencia en el movimiento orbital; y *De Motu* únicamente un estudio específico sobre una parte de la dinámica. En “*Philosophiae Naturalis, Principia Mathematica* (Los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural)” Newton advierte que su propósito es “reducir los fenómenos naturales a leyes matemáticas”, cultivando así esta disciplina en su relación con la filosofía natural. “En efecto, a lo que el filósofo natural aspira es a conocer la Naturaleza, lo cual –en su opinión- no significa otra cosa sino hallar las fuerzas que operan y de las que resulta el conjunto de los movimientos terrestres y celestes” (Rojas, 2007).

“*Philosophiae Naturalis, Principia Mathematica*”, se constituye en un tratado de mecánica en la que “se establecen demostrativamente los movimientos de los cuerpos en sus relaciones generales con las

fuerzas que los producen”. Se encuentra dividida en tres libros: El Libro I se ocupa del movimiento de los cuerpos en el vacío, esto es, en un medio carente de toda resistencia. Aquí juega un rol importante “la noción de la fuerza centrípeta, a partir de la cual se fundamentan dinámicamente las tres leyes de Kepler (por lo tanto es un sucesor inequívoco de *De Motu*). El Libro II, en cambio, estudia el movimiento de los cuerpos en medios resistentes (fluidos). Por último, el Libro III ofrece la constitución del sistema del mundo como consecuencia de la aplicación de la mecánica racional (en la que movimientos y fuerzas se analizan matemáticamente y en abstracto) a la mecánica celeste” (Rioja *et al.*, 2007). El Libro III, es en realidad la matematización de la filosofía natural de Newton; y los resultados de los libros anteriores, particularmente del Libro I, se emplearán para conocer y “predecir” con exactitud los principales fenómenos celestes y terrestres, quedando finalmente instituida la famosa teoría de la gravitación universal.

Luego de precisar las definiciones de masa, fuerza de inercia, fuerza impresa, fuerza centrípeta, etc., Newton escribe el Escolio a la definición VII en el que hace referencia al espacio absoluto, al tiempo absoluto y al movimiento absoluto, oponiéndolos a los meramente relativos; para luego, en el apartado de la obra de Newton, que lleva por título “Axiomas o Leyes del movimiento”, formular sus tres leyes conocidas como: “la ley de inercia, la ley de la fuerza y la ley de la acción y la reacción. Es interesante constatar que dichas leyes son presentadas por Newton como axiomas, esto es, en cuanto a proposiciones primitivas que no pueden reducirse a otras... En todo caso, de estos axiomas deben deducirse otras proposiciones que han de poder ser sometidas a contrastación empírica”.

“Una vez expuestos los principios matemáticos que rigen los movimientos de los cuerpos (Libro I) y habiendo descartado que éstos puedan tener lugar en medios resistentes (Libro II), procede pasar a la filosofía natural. Es decir, debe operarse el tránsito de la matemática a la física a fin de mostrar la constitución del sistema del mundo partiendo de esos principios matemáticos. Esto es lo que Newton manifiesta al comienzo del mismo en las páginas con las que se abre el Libro III”.

“Es hora de aplicar a planetas, satélites, cometas, así como al propio Sol, lo aprendido en cuerpos reducidos a masas puntuales. Este último y definitivo paso conducirá a asimilar esa fuerza

centrípeta analizada en el Libro I a otra de la que hasta ahora nada se ha dicho, la gravedad. La fuerza de atracción se convertirá así en fuerza de atracción gravitatoria, consumándose con ello la más radical unificación de cielo y Tierra que nadie antes hubiera podido soñar”.

La concepción filosófico-metodológica de Newton: El enfoque de Principia

La metodología científica de Newton (1693) recibe influencias de Francis Bacon (1620) y John Locke (1676). Además Descartes (1628) y Gottfried Leibniz (1682) dieron la pauta para definir su propia filosofía natural; Newton derrumbó el cartesianismo, eso lo ubica en el inicio de una revolución científica, antes de él se habían dado cambios, pero no revoluciones (Cohen *et al.*, 1983). La gravitación de Newton no es únicamente un importante aporte a la física clásica; sino que filosóficamente se convierte en el instrumento de demolición de la cosmología y de la física aristotélica; pues las leyes de la mecánica aplicables en la tierra, presuponen su perfecta adecuación y validez en todo el Universo.

La influencia de Aristóteles (335 a.C.), Galileo Galilei (1588), Johannes Kepler (1600), Francis Bacon (1620) y Descartes (1628), Christiaan Huygens (1655), facilitaron a Newton su tarea científica y también incrementaron su ego: “Si he visto más lejos que ningún otro, es porque he estado sobre los hombros de Gigantes” (1676); en esta frase se advierte que antes que un reconocimiento a sus predecesores se aspira a la justa valoración de su vasta obra. La más importante fortaleza de Newton era la de servir al mundo empírico, no únicamente como nexos entre la experimentación y la teoría matemática; sino como el facilitador de una nueva teoría, que vaya más allá de todos los fenómenos conocidos, poniéndolos a prueba, estableciendo conclusiones observables de ellos, adoptando la inducción como metodología para generalizar una teoría a partir de fenómenos específicos.

Al parecer, los intentos de Newton por refutar la concepción relacionista de espacio y tiempo de Descartes queda sentada en los manuscritos de *De Gravitatione*, publicados luego de su muerte; pero escritos, aparentemente, antes de *Principia*. Newton defiende, de alguna manera, una posición “absolutista”, al sostener que el espacio y el tiempo existen independientemente de todos los objetos e

incluso de todas las relaciones posibles entre los objetos; y en un pasaje del Escolio General de los *Principia* afirma que Dios es omnipresente en el espacio y el tiempo. “Es eterno e infinito, omnipotente y omnisciente, esto es, dura desde la eternidad hasta la eternidad, y está presente desde lo infinito hasta lo infinito... funda la duración y el espacio.” (Escohotado, 1982). De acuerdo a lo señalado se puede inferir que en la visión filosófica de Newton: 1) el espacio es una característica de cada tipo de ser, 2) que Dios existe siempre (no hay un momento en que Dios no exista); por lo tanto, el espacio existe siempre (no hay un momento en que el espacio no exista). El impulso inicial a todo lo que había en el Universo era una función de este Creador.

Voltaire en la Carta XIV: “On Descartes and Sir Isaac Newton”, escrita aproximadamente en 1734 identifica a Newton como un continuador de los científicos que le precedieron, entre los que destaca Descartes, señalando que sin la base científica y filosófica del francés no hubiera sido posible lograr el posterior material especializado de Newton. El inglés había entregado al mundo la ley de gravitación universal como base de la mecánica clásica, las leyes de Newton (movimiento y fuerza); los primeros escritos sobre la naturaleza de la luz, un tratado formal de óptica, estudios sobre cálculo matemático y el teorema del binomio de Newton. “El célebre Newton, destructor del Sistema Cartesiano, murió en Marzo de 1727. Sus compatriotas lo honraron en vida, y lo enterraron como si hubiese sido un rey que hizo feliz a su pueblo” (Halsal, 1998)

El trabajo de Newton en los *Principia*, nos legó una concepción de la ciencia en la que las amplias discusiones sobre asuntos metafísicos juegan poco o ningún papel. Sus contribuciones al discurso filosófico en Inglaterra y Europa, a finales del siglo XVII y principios del siglo XVIII, reflejan el estado de la filosofía natural de su época; según Kuhn, además de que Newton aportó al desarrollo de la ciencia con su nuevo paradigma de la física; su discurso estuvo caracterizado por extensos debates epistemológicos y controversias sobre los ‘fundamentos o principios básicos de la ciencia’. “Estudios recientes han puesto de relieve que cuando Newton publicó los *Principia* en 1687, el cartesianismo mantuvo la opinión sobre la filosofía natural reinante; Newton destina sus *Principios matemáticos de filosofía natural*, específicamente para reemplazar los propios principios de Descartes de la Filosofía publicado

en 1644...”. Newton reconoció que no era posible probar si sus resultados matemáticos son realmente aplicables a las hipotéticas condiciones de la naturaleza física. El tratamiento “sobre el movimiento de cuerpos muy pequeños cuando son perturbados por fuerzas centrípetas tendentes hacia las diversas partes de cualquier cuerpo muy grande”, explicitado en el libro I, sección 14; es un ejemplo del uso de modelos matemáticos sobre la realidad física; y de los cuales, Newton carecía de pruebas experimentales suficientes para una declaración inequívoca al respecto.

“He ofrecido en los Libros anteriores principios de filosofía, aunque no tanto filosóficos, como meramente matemáticos, a partir de los cuales tal vez se pueda disputar sobre asuntos filosóficos. Tales son las leyes y condiciones de los movimientos y las fuerzas, que en gran medida atañen a la filosofía. [...] Nos falta mostrar, a partir de éstos mismos principios, la constitución del sistema del mundo (Newton, 1987:613)” (Rioja *et al.*, 2007).

Discusión

Es necesario en esta parte tomar un extracto de Principia, con la finalidad de facilitar el análisis desde la explicación nomológico-deductiva. En el fragmento de Principia, correspondiente a los axiomas o leyes del movimiento, Newton enunció tres leyes básicas de la mecánica, en la siguiente forma:

“Ley Primera (Rioja *et al.*, 2007). : Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas (Rioja *et al.*, 2007).

Ley II: El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza.

Ley III: Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.”(Rioja *et al.*, 2007).

Diferentes autores y traductores han modificado ligeramente la forma del texto original; pero el fundamento en sí de las leyes I y III ha permanecido indemne. En el caso de la segunda ley, en la actualidad, se analiza a esta ley, principalmente desde el concepto de la proporcionalidad que existe entre la fuerza y la aceleración producida,

asumiendo a la masa como una constante. En ese sentido vamos a referirnos a las leyes I y III, de acuerdo a los enunciados originales de Newton; y a la segunda ley, según como se la conoce actualmente.

Si se considera que el esquema de explicación nomológico-deductiva particular (NDP) es, “según Hempel, aquel al que se ajustan todas las explicaciones de hechos particulares mediante teorías no estadístico-probabilistas. Es el modo típico en que estas teorías explican los fenómenos empíricos particulares...”, en este caso la explicación de la mecánica newtoniana, ilustra la tesis hempeliana de la “simetría entre explicación y predicción”. Tendríamos, según Carl Hempel (1965), con respecto a la “explicación” en las dos leyes de Newton precisadas (I y III); por ejemplo sobre la primera ley: si se comprueba experimentalmente que un cuerpo que se desplaza con movimiento rectilíneo uniforme, mantiene ese estado en ausencia de fuerzas externas (situación posible de realizarla con instrumentos básicos de laboratorio de física), quedaría muy didácticamente “explicada” esta primera ley. Con respecto a la segunda ley, se podría “medir” con un dinamómetro el “peso” (Rioja y Ordóñez *et al.*, 2007). de un objeto cualesquiera (de dimensiones manejables), así como su masa; y utilizando el valor de la gravedad establecida en el punto de la medición, quedaría “explicada” la segunda ley de Newton; y por último, experimentalmente es posible medir en un laboratorio básico, lo que sucedería con el choque entre dos objetos, que en ausencia de rozamiento dispondrían de la misma fuerza de acción y reacción, con lo cual quedaría “explicada” la tercera ley de Newton. De esta forma han quedado “explicadas”, desde “algunos hechos particulares”, las tres leyes de Newton.

Es oportuno, en esta parte, revisar el aspecto predictivo de cada una de las mencionadas leyes. Sobre la primera ley se puede inferir por ejemplo, que en el espacio “vacío” (en ausencia de gravedad y rozamiento) un cuerpo conservará su situación original (de mantenerse en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme), a menos que una fuerza externa lo obligue a cambiar esta situación (cabe la predicción también, si se piensa en un espacio curvo; pues si tomo segmentos de espacio, los puedo aproximar a pequeñas líneas rectas que soporten este criterio).

Para el caso de la segunda ley de Newton, se puede “establecer” por ejemplo: el peso que

tendría en la tierra el telescopio Hubble; aunque no se disponga de un dinamómetro o una báscula con esas características (de tamaño y capacidad), que permitan realizar tal medición, una forma de hacerlo sería, sumar los pesos parciales que conforman la estructura del Hubble y asumir que el resultado de esta sumatoria corresponde al peso total del Hubble; pero este resultado tiene carácter ‘predictivo’ para la mecánica newtoniana, pues en esas condiciones (básicas) sería imposible comprobar la veracidad de tal medición.

En iguales condiciones, para la tercera ley de Newton, se puede “predecir” por ejemplo, que en un choque de dos asteroides, por el principio de acción y reacción, se tendrá (posterior a la colisión) tal o cual dirección para los fragmentos de asteroide que se dispersen (para el caso de destrucción); o como se afectará la trayectoria de uno o ambos asteroides (si no se destruyen) luego del impacto; hasta que no se conozca el resultado, es posible confiar nuevamente en el carácter predictivo de la ley de Newton, en esta aplicación.

De los ejemplos mencionados, se puede confirmar lo señalado por Hempel, de que la explicación de hechos particulares y la predicción tienen la misma estructura lógica; y que la única diferencia entre ambas sería pragmática, y tendría que ver con la relación temporal entre la ocurrencia del hecho particular y la construcción del argumento. “En un caso, se sabe que ya se ha producido el suceso descrito en la conclusión, y se buscan enunciados adecuados que expresen leyes generales y hechos particulares para explicarlo; en el otro, se dispone ya de estos enunciados y de ellos se deduce el correspondiente al suceso en cuestión, antes del momento de su presunta aparición. [...] Ésta es] la tesis de identidad estructural (o simetría) de la explicación y de la predicción. Las explicaciones son pues “retroicciones”, predicciones de hechos conocidos; las predicciones, si llegan a confirmarse, son explicaciones ‘avanzadas’. Ésta es la tesis de la simetría entre explicación y predicción: si abstraemos la relación temporal entre el hecho inferido y el argumento, no hay ninguna diferencia entre ambas” (Moulines, 2008)

Por otra parte, desde el punto de vista de Hempel, de la “explicación nomológica deductiva general (NDG)”; por ejemplo las leyes de Kepler (llamadas en este contexto leyes derivadas) sobre la forma y periodo relativo de los planetas, se explican por las leyes de la mecánica gravitatoria de Newton (llamadas en este contexto leyes generales); y la

caída libre propuesta inicialmente por Galileo (ley derivada), se explica por las mismas leyes de la mecánica gravitatoria newtoniana (leyes generales). “A veces aquello de lo que se da explicación no es un hecho particular sino uno general. Explicamos determinadas leyes derivándolas de otras, en cierto sentido que hay que precisar, más generales... Cuando, como en estos ejemplos, la ley explicada es una generalización estricta, no estadístico-probabilista, Hempel denomina también estas explicaciones ‘nomológico-deductivas’. Aunque Hempel utiliza la misma denominación para ambas, hay que diferenciar estas explicaciones de las anteriores; las diferencias entre ellas se derivan del hecho de que en aquéllas el explanandum (Moulines, 2008) es particular y en éstas general (no probabilista).” (Moulines, 2008)

Se puede garantizar, de esta manera, el rigor científico de las leyes de Newton como tales, para que no quede duda de que pudieran tratarse de generalizaciones accidentales. Es así como se debe entender la explicación nomológico-deductiva y la predicción en Isaac Newton. “Los “principios de la filosofía natural” que Isaac Newton desplegó y elaboró en sus Principia son “principios matemáticos”... Tal entretrejo de dinámica y matemáticas puras constituye otro de los rasgos característicos de la ciencia de los Principia... los logros de Newton en los Principia se debieron a su extraordinaria habilidad para matematizar la ciencia empírica o física... Mientras que existe un modo de pensamiento común tanto a sus matemáticas como a su física, se da en sus Principia una conciencia permanente de la diferencia fundamental que media entre los principios matemáticos y la filosofía natural expresada a través de los principios matemáticos.” (Cohen, 1983)

Bajo estas consideraciones Newton “había incluido en su jurisprudencia la explicación de la filosofía natural a partir del principio de la atracción. Por refinadas que fueran, las demostraciones abstractas eran una cosa. La filosofía natural se dirigía al mundo real, y el mundo real estaba formado por muchos cuerpos en movimiento, los cuales, en su totalidad –según la hipótesis de Newton- se atraían entre sí. Newton pensó que una solución demostrativa al problema excedía a sus posibilidades. (Ciertamente, ahora podemos demostrar que es imposible.)” (Westfall, 2007).

Conclusiones

Antes de Principia, el trabajo de Newton estuvo altamente influenciado por la teología; la explicación del mundo era abordada en función del absolutismo y sobre la total convicción de la existencia de un ser supremo; como se ha indicado, las primeras definiciones del espacio y del tiempo lo ubican como seguro creyente de un Dios, con todo el cúmulo de valores que esta propuesta traía consigo; en ese mismo lapso (anterior a Principia), la matemática a la que se refiere Newton resulta ser sólo geometría; es así que según Rioja y Ordoñez (2007), Principia fue escrita en forma geométrica y no analítica; y lo que hoy se conoce como diferenciales e integrales se introdujo luego por otros autores, en el estudio de la mecánica. Mientras que se ha podido determinar que un aspecto básico del estilo newtoniano, ejemplificado ampliamente en Principia, consiste en la aplicación de la matemática a sistemas o constructos análogos a situaciones naturales, pero simplificadas e inclusive idealizadas; es decir, sin la exigencia actual de una modelación matemática.

En el plano epistemológico, cuando se analizan diversas cuestiones relativas al conocimiento científico y a la naturaleza de la ciencia; se ubica a Newton, en el periodo moderno con la aparición de la nueva ciencia; sin embargo, como es conocido, Newton desarrolló a lo largo de su vida, un importante trabajo pseudo-científico, principalmente relacionado con la alquimia y del cual no se dice mucho, sin que esto constituya un motivo para opacar el aporte newtoniano a la mecánica, matemática y óptica.

Por otra parte, se puede inferir que las leyes de la mecánica de Newton expresadas en Principia, se ajustan de manera precisa en el carácter inductivo de Reinchenbach, cuando se analizan desde el punto de vista lógico-metodológico; y desde el plano filosófico-epistemológico, tienen cabida a través de su propuesta de verificabilidad semántica dentro de su empirismo lógico; entonces, hasta antes de la aparición de la nueva física, esto es de la física teórica, la física de Newton es un ejemplo inequívoco de la fortaleza del empirismo y del inductivismo. Pero luego, las teorías de la física como la de los quanta o la teoría de la relatividad especial, demostraron que las teorías de Newton no eran aplicables en todos los casos, por llevarnos a resultados y previsiones inexactas; en esta misma línea, y coincidiendo con Kuhn (1962), queda una gran interrogante: ¿Pertenece la tercera

ley de Newton al núcleo de la mecánica clásica o es una expansión del mismo?, a sabiendas de que, a finales del siglo XIX esta ley entró en conflicto con la teoría del electromagnetismo, lo que para algunos científicos supuso una crisis de la teoría de Newton.

Finalmente, desde el punto de vista moral y ético, la religiosidad de Newton y su jerarquía de Sir lo mantuvieron siempre lejos de cualquier atentado a la moral de la época y su respetable trabajo científico lo colocó en un pedestal en el que no hacía falta recurrir a deslices para ganar un prestigio oportunamente reconocido por sus contemporáneos. En este aspecto, el trabajo de Newton es limpio. Sin embargo en dos momentos titubeó: primero, en la necesaria aceptación de un crecimiento lineal de la ciencia, a partir de Descartes y en la segura posibilidad de utilizar términos relacionales, para interpretar sus propias leyes; y, en un segundo momento, en el preciso reconocimiento de la obra de Hooke, sobre los elementos que le permitieron iniciar su excelsa tarea sobre el movimiento planetario y su dinámica en *De Motu* y en Principia.

Literatura Citada

- Alonso, A., Galán, C., 2004. "La Tecnociencia y su divulgación: un enfoque transdisciplinar", Ed., Anthropos, Barcelona.
- Biblioteca Digital, "Ciencia para todos". Recuperado el 12 de Diciembre de 2010 de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/sec_15.html.
- COHEN, I. B., 1983. "La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas", Alianza Ed., Madrid, España.
- Díez, J. A., 2008. Moulines, C. U., "Fundamentos de Filosofía de la Ciencia", 3.a Ed., Ariel S.A., Barcelona, España.
- Einstein, A., 1988. "Mi Visión del Mundo", Biblioteca de Ciencias Sociales, Política, Economía y Sociología".
- Feynman, R., 2010. "El carácter de la ley física", Traducción de Antoni Bosch, 3ra edición, España.
- González, W. J., 2007. "Las Ciencias de

- Diseño: Racionalidad limitada, Predicción y Prescripción”, Ed. Gesbiblo, España.
- González, W. J., 2010. “La Predicción Científica.- Concepciones filosófico-metodológicas desde H. Reichenbach a N. Rescher”, Ed. Montesinos, España.
- Greene, B., 2007. “El Universo Elegante, Supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de una teoría final”, 1ra edición, Colombia.
- Halsall, P., “Voltaire (1694-1778): Letters on Newton from the Letters on the English or Lettres Philosophiques, c. 1778”. Fordham University. (1998). Recuperado el 9 de Diciembre de 2010 de <http://www.fordham.edu/halsall/mod/1778voltaire-newton.html>.
- Hawking, S., España, 2005. “A Hombros de Gigantes, Las Grandes Obras de la Física y la Astronomía”, Edición Comentada Crítica, 5ta edición. (On The Shoulders of Giants. The Great Works of Physics and Astronomy, Running Press, 2002).
- Hawking, S., Colombia, 1996. “Breve Historia del Tiempo”, 3ra edición, (A Brief History of Time, Bantam Press, 1988).
- Hawking, S., Colombia, 2010. “El gran diseño”, Ed. Planeta. (The Grand Design, coauthored with Leonard Mlodinow, Bantam Press 2010).
- Junta de Andalucía, “Averroes”. Recuperado el 21 de Diciembre de 2010 de <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/emilioprados/filosof/filocien/Filosofia%20Ciencia%20Principal.htm>.
- KUHN, T. S., 2006. “La estructura de las revoluciones científicas”, 3ra ed., FCE., México.
- Marcos, A., 2010. “Ciencia y acción”, Ed., FCE, México.
- Moirand, S. 2006. “La divulgación de la ciencia y la técnica: ¿Nuevos modelos para nuevos objetos de estudio?”. En: Revista Signos 39(61) 231-358.
- Mosterín, J., 2008. “Conceptos y Teorías en la Ciencia”, 2da reimpression, España.
- Muñoz S., J., 2010. “Newton, el umbral de la ciencia moderna”, 3ra edición.
- Newton, I., 1996. “El sistema del mundo”, Traducciones de Eloy Rada García, Antonio Lafuente y Luis Carlos Arboleda Aparicio, Círculo de Lectores, España.
- NEWTON, I., 1987. “Principios matemáticos de Filosofía Natural”, Alianza Editorial, Madrid, España.
- Rioja, A., Ordóñez J., 2007. “Teorías del Universo, Vol. II, De Galileo a Newton”, Ed. Síntesis, Madrid, España.
- Rojo, A., 2010. “La física en la vida cotidiana”, Ed. RBA, Barcelona.
- Quintanilla, M. S., 1978. “Semántica y Filosofía de la Ciencia”. El Basilisco. Recuperado el 12 de Diciembre de 2010 de <http://www.fgbueno.es/bas/pdf/bas10403.pdf>.
- Sagan, C., “Cosmos”, 1982. Una Evolución Cósmica de quince mil millones de años que han transformado la materia en vida y consciencia, 5ta edición, España.
- Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales, “Proyecto Thales-CICA (2000)”. Recuperado el 26 de Diciembre de 2010 de <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0257-01/newton.html>.
- Stanford Encyclopedia of Philosophy, “Newton”, Recuperado el 16 de Diciembre de 2010 de <http://plato.stanford.edu/entries/newton>.
- Voltaire, 1996. “Los elementos de la Filosofía de Newton”, Traducciones de Eloy Rada García, Antonio Lafuente y Luis Carlos Arboleda Aparicio, Círculo de Lectores, España.
- Westfall, R. S., 2007. “Newton: una vida”, Traducción de Menchu Gutiérrez, Ed. Akal, Madrid, España.