

UNA CRITICA FILOSOFICA DE LA PRIMERA LEY NEWTONIANA DEL MOVIMIENTO

E. Roy Ramírez

"El mismo Newton era más consciente de las debilidades íntimas de su construcción intelectual que la generación de sus doctos seguidores. Este hecho ha despertado siempre mi más profunda admiración". A. Einstein

Introducción

Algunos conceptos, una vez que han sido formulados, experimentan una curiosa historia. La primera Ley del Movimiento de Newton es uno de ellos. Su historia es interesante debido a las variadas interpretaciones que de ella se han hecho. Respecto de la importancia de la Primera Ley en el desarrollo de la física clásica, es poco el desacuerdo, si es que hay alguno, que podría encontrarse entre los historiadores y filósofos de la ciencia. Todos parecen admitir que la función desempeñada por la Primera Ley es fundamental: ésta no es un detalle más entre otros, sino uno de los pilares de la nueva visión del mundo. John Herivel se refiere a ella como "el elemento más importante de la dinámica de Newton" (1). Richard Westfall la llama "la piedra angular de su física madura" (2). En el mismo tono, Bernard Cohen observa: "La inercia, tal como es usada por Newton es, quizás, el concepto central de 'la nueva física'" (3). Cohen llega incluso, a hablar de una revolución inercial. Es innecesario señalar que podrían citarse muchos más ejemplos relativos a la importancia de la Primera Ley del Movimiento. Como ilustración de esta revolución inercial, Cohen se refiere al cambio de relaciones entre el movimiento y el reposo: en las filosofías griega y medieval —"la vieja física" como la llama Cohen— la distinción entre reposo y movimiento, junto con la preeminencia ontológica del primero sobre el segundo, son aspectos de la filosofía natural que aparecen incuestionados —e incuestionables, podría agregarse—. En la vieja física, todo movimiento requiere de una causa que lo explique, como bien lo capta el dictum aristotélico "omne quod movetur ab alio movetur". Por

otra parte, el reposo sucede en ausencia de fuerzas motrices. La novedad introducida por la nueva física consiste en la negación de una diferencia explícita entre el reposo y el movimiento —Descartes—, o entre el reposo y el movimiento rectilíneo uniforme —Newton—. Hay, más bien, dice Cohen, una equivalencia entre reposo y movimiento, "por lo menos una clase de movimiento que no es siquiera concebible en la vieja física" (4).

Otra forma de plantear este asunto, es decir que el movimiento ha ganado "status" ontológico y está, consecuentemente, al mismo nivel que el reposo. Dicho sea de paso, esta equivalencia ontológica se asemeja a la de la tierra y los cielos. Cuando decimos que el movimiento y el reposo no son explícitamente diferentes, no queremos significar con ello que sean una y la misma cosa: lo que es igual es su nivel ontológico. En otras palabras, "no hay entidades equivalentes, sino, más bien, estados equivalentes" (5). Esto implica que el movimiento no es más un proceso de cambio, una forma de kinesis. El movimiento comparte con el reposo las características de un estado. Este es, en consecuencia, ontológicamente neutral, esto es, no introduce cambio en el móvil. Emile Meyerson comenta al respecto: "El movimiento se nos aparece como un estado, análogo, consecuentemente, no al cambio de color, sino al color mismo" (6). Por este hecho, el movimiento y el reposo están situados en el mismo nivel ontológico, o dotados con igual "status" ontológico. Es decir, son estados similares. Y es esta característica de similitud la que permite al movimiento ser aparentemente auto explicativo, o sea, no requerir de causa alguna que lo explique. "Consecuente-

mente, si el movimiento —dice Meyerson— es un estado, si debe mantenerse por sí mismo como cualquier otro estado, podemos expresarlo bajo una fórmula absoluta, constituirlo en un principio, sin echar mano de la intervención de algún agente misterioso" (7).

La anterior interpretación provee el substrato necesario para proponer que un cuerpo persevera en su estado de movimiento rectilíneo y uniforme sin requerir una causa que lo mantenga, de la misma manera que no la necesita un cuerpo en reposo. Ahora bien, esta equivalencia fue completamente imposible mientras el movimiento fue considerado un proceso. Una vez que el movimiento adquirió este nuevo status, dejó de ser necesario el motor, dice esta interpretación. Mario Bunge, al escribir acerca de la Primera Ley, la plantea de la siguiente forma: "El principio de inercia... es manifiestamente no causal pues afirma que cierto tipo de cambio, el más simple de todos, no requiere causa eficiente (extrínseca y motriz) para producirse, o sea, no depende de fuerzas o compulsiones externas" (8). Bunge da un paso ulterior llamando a la Primera Ley un elemento de espontaneidad y considerándola, por ello, un principio de automovimiento. Aún más lejos en la apreciación de la Primera Ley, llega Milick Capeck, quien considera prejuiciados a quienes sostiene que el cambio no es autosuficiente y que, por lo tanto, requiere de una explicación. La valoración de Alexander Koyré parece resumir estas posiciones:

"Es precisa y únicamente porque es un estado (tanto como el reposo) que el movimiento es capaz de conservarse y que los cuerpos pueden continuar en movimiento sin necesitar para ello causa o fuerza alguna, exactamente como pueden permanecer en reposo... En cuanto estado, el movimiento no necesita causa o motor" (10).

La anterior interpretación ha encontrado una aceptación bastante generalizada, experimentando apenas, breves oposiciones. Sin embargo, hay algunas preguntas que inevitablemente se presentan: ¿hasta dónde es válida esta interpretación? ¿Realmente se deriva esta interpretación de los enunciados Newtonianos? ¿O es ésta "una interpretación errónea de Newton" basada en la creencia de que el 'principio de inercia' del siglo XVII puede interpretarse en el sentido moderno de un principio que concreta un estado no causal de un cuerpo, en el cual no hay fuerza alguna asociada con el cuerpo en el movimiento inercial?" (11). Para determinar hasta qué grado esta interpreta-

ción está avalada por hechos, pruebas o datos históricos debemos dirigir la mirada hacia los dos mayores protagonistas, quienes, acertadamente o no, han proporcionado los elementos para tal interpretación: René Descartes e Isaac Newton.

I. Análisis cartesiano del movimiento

Comúnmente se sostiene que Descartes introdujo una concepción completamente nueva del movimiento en el dominio de la filosofía de la naturaleza. Esta opinión, de alguna manera imperante, acerca de la novedad de la visión cartesiana del movimiento es fomentada por el propio Descartes, quien escribe: "El movimiento acerca del cual ellos (los filósofos) hablan, es tan diferente del que yo concibo, que es absolutamente posible que lo que es verdad respecto de uno, no lo sea respecto del otro" (12).

¿Cuáles son aquellos elementos que, de acuerdo con Descartes, le permiten su comprensión del movimiento de manera completamente distinta que a sus predecesores?

Desde sus primeros escritos, Descartes dirige su ataque contra la definición aristotélica de movimiento. Afirma que todos los esfuerzos previos realizados para intentar definir el movimiento, no han producido más que oscuridad respecto de aquello que es obvio y evidente: "Me he dado cuenta que los filósofos se equivocan al intentar explicar mediante definiciones lógicamente construidas, cosas que son absolutamente simples en sí mismas; hacen, por ello, más oscuras las cosas" (13). Lo que es evidente en sí mismo, arguye Descartes, no puede, posteriormente, ser definido por algo que sea más evidente. Si uno intenta hacerlo, el resultado podría ser una definición de alguna cosa diferente de lo propuesto previamente, o, pero aún, una definición que no define absolutamente nada. El movimiento es evidente, dice el filósofo cauteloso. Así, Descartes rechaza manifiesta y absolutamente la definición aristotélica del movimiento. Descartes, aún más, declara incomprensible esta noción aristotélica. En sus propias palabras: "Así ellos (los eruditos) declaran el movimiento una cosa completamente familiar a cualquiera, ser actum entis in potentia, prout est in potentia. ¿Hay alguien que comprenda estas palabras? ¿Y hay alguien que ignore lo que es el movimiento?" (14). Insistiendo sobre la evidencia del movimiento, escribe a Mersenne el 16

de octubre de 1639: "celui qui se promene dans une salle, fait bien mieux entendre ce que c'est que le mouvement, que ne fait celui qui dit: est actus entis in potentia prout in potentia..." (15). De este enfoque cartesiano podemos extraer una conclusión: parece ser que el movimiento, junto con su realidad fugaz, y a causa de ella, impide un fácil tratamiento. Y esto explica por qué, como lo sugiere Weisheipl, Aristóteles, aparentemente, sólo pudo definir el movimiento como lo hizo, para evitar cualquier circularidad en la definición. O quizás, lo que la crítica cartesiana revela es aquello que acertadamente Gilson señaló: "Ce n'est pas la définition d'Aristote qui est obscure, c'est le mouvement même qu'elle définit..." (16)

Cualquiera que sea la solución última al problema, un hecho parece ser claro: Descartes se aleja de la comprensión aristotélica del movimiento mediante la reducción del kinesis aristotélico a la locomoción. Descartes escribe que el movimiento es movimiento local; "yo no concibo otra clase y no considero que debamos concebir ninguna otra en la naturaleza" (17). Alejándose de sus primeros enfoques, Descartes intenta definir el movimiento local en sus *Principios de Filosofía*. Lo define como "la transferencia de una parte de materia o un cuerpo de la proximidad de aquellos cuerpos que están en contacto inmediato con él, los cuales consideramos en reposo, a la vecindad de otros" (18). Como puede apreciarse claramente, esta definición no es sino meramente nominal, hecho que John Locke señala explícitamente:

"Los atomistas que definen el movimiento como 'el pasaje de un lugar a otro': ¿qué (hacen) más que dar un sinónimo por otro? Porque, ¿qué es el pasaje si no movimiento? ... Tampoco la sucesiva aplicación de las partes de las superficies de un cuerpo a aquellas de otro, que nos dan los cartesianos, proveen una mejor definición si se examina bien" (19).

Newton también captó la circularidad contenida en la definición cartesiana. Escribiendo respecto de su propia concepción sobre este problema, y teniendo a Descartes presente, Newton, en su *De Gravitatione et aequipondio fluidorum*, enunció su definición: "Yo he definido —dice Newton— el movimiento como un cambio, por cuanto movimiento, transición, traslación, migración, etc., parecen ser palabras sinónimas. Si lo prefieres, dejad que el movimiento sea transición o traslación de un lugar a otro" (20). Tampoco parece que la circularidad desaparece con Newton.

Aún cuando la definición cartesiana está repleta de dificultades, Descartes parece tener clara su intención: especificar precisamente lo que se rechaza en la formulación de su definición del movimiento. Dice que comprende el movimiento únicamente como movimiento local, y éste, a su vez, como la transferencia o transportación y no como la fuerza o la acción que produce el movimiento: "...en cuanto al movimiento, podremos comprenderlo mejor si inquirimos únicamente por la locomoción, sin tener en cuenta la fuerza que lo produce, lo que, sin embargo, procuraré exponer a su debido tiempo" (21). De nuevo, en Principio XXV, Parte 2, Descartes se expresa en términos similares: "Y yo digo que el movimiento es la transportación y no la fuerza ni la acción que transporta, para mostrar que el movimiento está siempre en el móvil, no en lo que lo mueve..." (22). El movimiento es una forma o estado del móvil, en el mismo sentido que "la figura es un modo de lo figurado y, el reposo, de lo que está quieto" (23).

La anterior concepción de movimiento no está exenta de dificultades: Descartes no parece conciliar su concepción del movimiento en cuanto un estado del móvil, con su doctrina de la relatividad del movimiento —tal como se desprende de su definición del movimiento como transferencia— (24). No parece tampoco conciliar la idea relativa de la traslación con la idea de la conservación absoluta de la cantidad del movimiento tal como lo expresa en Principio XXVI, parte 2. Westfall comenta respecto de esta dificultad: "la idea de una cantidad dada de movimiento en el universo, tiene sentido únicamente si hay un marco de referencia. Si el movimiento es relativo, como insiste Descartes, la idea de una cantidad absoluta de movimiento carece de sentido" (25). Descartes no pareció preocuparse por tales dificultades, no afrontó las implicaciones derivadas de su visión relativa del movimiento —no más que cualquier otro antes del siglo XIX— (26).

Ahora bien, ¿cuál es la posición cartesiana con respecto a la causalidad del movimiento? Algunas veces Descartes crea la impresión de no estar del todo interesado en ella: "La cuestión en el presente no es tanto la actividad que produce o detiene el movimiento, sino, simplemente, la traslación y la ausencia de traslación o reposo" (27). Prima facie, el carácter prevaleciente del concepto cartesiano de movimiento parece ser que el movimiento está separado de toda causalidad.

Mas, de acuerdo con Descartes, el movimiento y el reposo son condiciones o estados en los que los cuerpos están. Ambos estados se encuentran en condiciones de igualdad, esto es, un cuerpo se mueve con la misma naturalidad con que permanece en reposo. El movimiento, así entendido, queda sujeto según Descartes a una causalidad doble: por una parte, lo que llama la causa primaria y universal y, por otra, la que llama causa secundaria y particular. Es de gran importancia poner de relieve el lado causal de la perspectiva cartesiana. Al inicio del Principio XXXVI, parte 2, escribe Descartes: "Después de considerar la naturaleza del movimiento, debemos tratar acerca de sus causas..." Esta aceptación de la causalidad concierne al movimiento en Descartes, es frecuentemente descuidada por quienes mantienen la interpretación del movimiento como un estado no causado (a la que llamaremos en adelante, la interpretación del movimiento-estado).

No parece ser un principio cartesiano el que la causalidad no esté involucrada en el movimiento, como propone la interpretación del movimiento-estado. Aún más, el propio Descartes desautoriza esa interpretación de su sistema. Categóricamente afirma que:

"Con respecto a la causa general, me parece claro que ésta no puede ser otra que el propio Dios. El creó, en el principio, la materia junto con el movimiento y el reposo, y ahora, simplemente por su cooperación habitual, mantiene la misma cantidad de movimiento y reposo en el mundo material que puso en el principio" (28).

Dios es la fuente responsable del movimiento en el universo. En la creación del mundo, Dios lo dotó de una determinada cantidad de movimiento que es constantemente preservada. La uniformidad de Dios y la constancia de su acción sobre el mundo, garantizan la conservación de la misma cantidad de movimiento. Algo se nos presenta por sí mismo con claridad meridiana: Dios, por ser el origen y fuente del movimiento, constituye el Fundamento ontológico último del movimiento y su conservación.

De la constancia e inmutabilidad de la acción de Dios, deduce Descartes las causas secundarias y particulares llamadas "Leyes de la Naturaleza". Wallace señala la sorpresa de encontrar que las causas secundarias y particulares "no son más que sus (de Descartes) leyes del movimiento", y agrega que "en virtud de la inmutabilidad de Dios, las leyes del movimiento han sido, de algún modo,

dotadas de una eficacia (efficacitas), mediante la cual determinan todos los efectos particulares, y proveen así detalladas explicaciones causales, mecánicas" (29).

Volvamos nuestra atención al contenido de la Primera Ley de la Naturaleza en la que podemos leer:

"cada cosa individual, en la medida en que es simple e indivisa, y por su propia naturaleza, permanece tanto como es posible, siempre en el mismo estado, y nunca cambia, excepto por causas externas. Así, si una parte de materia es cuadrada... permanecerá como tal, a no ser que, algo llegue de otro sitio para cambiar su forma; si está en reposo, no creemos que empiece a moverse a menos que sea puesto en movimiento por alguna otra causa; y si está moviéndose, no hay razón alguna para pensar que, espontáneamente, sin que le sea de algún modo impedido, interumpa su movimiento. Así, debemos concluir, que por su propia naturaleza, cualquier cosa que se mueve, en la medida de lo posible, se moverá siempre" (30).

En esta Primera Ley de la Naturaleza, Descartes enuncia una vez más la característica de estado del movimiento y su conservación. Por la misma razón, no hay tendencia hacia el reposo en los cuerpos, o lo que es lo mismo, no hay una inercia natural en el sentido kepleriano. De acuerdo con Kepler, la materia está dotada de inercia: una especie de pereza intrínseca de la materia por la que se opone al movimiento y tiende al reposo. Propio del concepto kepleriano de inercia, es el hecho de que un cuerpo podría llegar al reposo sin mediación de fuerza alguna. Es decir, siempre es necesaria una fuerza para mantener al cuerpo en movimiento, debido a la pereza inherente a la materia. La oposición al movimiento se origina no de alguna resistencia externa, sino, más bien, de una oposición al movimiento inherente a la materia. Esa inercia natural es una resistencia interna (31). De hecho, la inercia en la visión kepleriana es una negación manifiesta del principio de automovimiento o autoactividad. Más bien es, por así decirlo, un principio de autopasividad (32).

En Descartes no hay tal cosa como una tendencia al reposo, sino que, por el contrario, la tendencia es hacia la conservación del estado en que el cuerpo se encuentra. Uno podría decir que en la Primera Ley de la Naturaleza se incluye una doble causalidad. Por una parte hay una eficacia ejercida por Dios en la preservación de la cantidad de movimiento en el Universo y, dependiendo de la inmutabilidad de la acción divina, hay una eficacia de las leyes de la Naturaleza. Por otra

parte, hay una eficacia de las causas externas responsables de cualquier cambio de estado. En otras palabras, la acción divina garantiza la existencia continuada de todas las cosas en un estado dado... "mientras que la acción de las causas externas produce un cambio de estado" (33). Del lenguaje utilizado por Descartes en la formulación de la Primera Ley, podemos inferir que, si algún impedimento u obstáculo capaz de producir un cambio de estado en un cuerpo, es una causa externa, entonces Dios y las leyes de la Naturaleza son "causas internas". En suma, cualquier cambio de estado exige una explicación, como también la exige cualquier conservación del estado. No obstante, hay diferencias ontológicas entre estas dos clases de causas que hemos llamado "internas y externas". Por lo tanto, el juicio "en ausencia de causa un estado se conserva", tiene que entenderse a la luz de las anteriores especificaciones como "en ausencia de causas externas" y no como si se afirmase una irrestricta ausencia de toda causa. Ahora es claro que Descartes no admite estados de cosas completamente incausados.

En un contexto metafísico amplio, uno podría decir que para Descartes, hay en las cosas una especie de factor de indigencia ontológica que él llama conservación. La conservación proviene de afuera. Es decir, ningún ser tiene el poder de mantenerse a sí mismo en la existencia. Esta perspectiva deriva de la concepción cartesiana del tiempo, el cual se toma como compuesto de instantes completamente independientes unos de otros. Tal independencia es tanto lógica como ontológica, pero sobre todo ontológica: de la existencia de una cosa en un momento determinado, no se sigue la necesidad de su existencia en un momento ulterior. Consecuentemente, la creación es continua, o lo que es lo mismo, la creación y la conservación llegan a ser idénticas. El mundo y cualquier estado de un cuerpo en él, es conservado (recreado) por la intervención de Dios. El movimiento es un estado de un cuerpo que tiene su conservación garantizada por la acción de Dios. Es importante darse cuenta de que la contraposición entre el movimiento como un estado, o más bien, como un estado incausado, y el movimiento como proceso, aún no ha aparecido. El movimiento-estado, tal como lo entiende Descartes, se explica causalmente. Por lo tanto, la distinción entre movimiento como estado no causado y como proceso, no cumple función alguna en la estructura conceptual cartesiana. No puede exigirse que,

mientras el movimiento como proceso necesita explicarse causalmente, en cuanto estado es auto-suficiente y, por esto, no requiere explicación. Lo que la mayor parte del tiempo se descuida en el análisis de la Primera Ley de la Naturaleza de Descartes —y que también sucede con todas sus leyes de la Naturaleza— es el contexto causal en el que ellas se incluyen. Bajo la misma luz, debe entenderse el siguiente párrafo de *Le Monde*:

"...Habiendo supuesto la regla precedente (regla de la conservación), estamos exentos de la dificultad en que los Doctos se encuentran cuando quieren dar una razón por la que una piedra continúa moviéndose por algún tiempo después de haber abandonado la mano de quien la lanzó: uno podría preguntarse más bien ¿Por qué no continúa moviéndose por siempre? Pero la razón es bastante fácil de dar. ¿Quién podría negar que el aire en el que se mueve la piedra, opone a ella alguna resistencia?" (34).

Los cuerpos no están dotados de una inercia natural, llegan al reposo o se ven retardados por la resistencia externa a su movimiento puesto que "ninguna cosa puede por su propia naturaleza tender hacia su opuesto, tender hacia su propia destrucción" y "el reposo es el opuesto del movimiento" (35). No hay oposición interna al movimiento. Cualquier oposición o resistencia, es completamente extrínseca. Descartes sostiene que:

"Nuestra observación diaria de proyectiles confirma esta regla. La razón por la cual los proyectiles continúan en movimiento por algún tiempo después de abandonar la mano que los lanza, es simplemente que, una vez movidos, continúan en movimiento hasta que son frenados por cuerpos que se cruzan en su camino. Obviamente, el aire, u otro fluido en el que ellos se mueven, gradualmente reducen su movimiento, hasta hacerlos detenerse" (36).

La resistencia, como se expresa claramente en la cita anterior, es responsable del acceso al reposo de un cuerpo en movimiento. Descartes parece decir que si no hubiere resistencia, un cuerpo podría continuar moviéndose indefinidamente.

Insistiendo sobre la estructura causal, en la cual se expresa su concepción del movimiento, Descartes escribe acerca del "poder del cuerpo". Tal poder está caracterizado por un rasgo doble: es poder para actuar sobre otro cuerpo, o para resistir su acción. La Primera Ley de la Naturaleza da el basamento de tal poder. Descartes lo describe como sigue:

"... es simplemente la tendencia de todas las cosas por su

propia naturaleza a persistir tanto como sea posible, en su estado actual (de acuerdo con la Primera Ley). Y esto explica por qué... lo que está en reposo tiene algún poder de permanecer en él, y, consecuentemente, de resistir a cualquier cosa que pueda cambiar su estado; lo que está en movimiento tiene algún poder de persistir en él —en un movimiento constante con respecto a velocidad y dirección. Este último poder debe ser considerado de acuerdo con el tamaño del cuerpo y de su superficie... y la velocidad del movimiento y la clase y grado de oposición al estado (*modi*) incluidos en las colisiones de los cuerpos" (37).

Este párrafo destaca un elemento del pensamiento cartesiano que ha sido frecuentemente omitido: la fuerza pertenece a la realidad, es un rasgo real del mundo material (38). Y este hecho se relaciona con el papel desempeñado por la Primera Ley:

"La función de la Primera Ley de Descartes es proveer las bases (secundarias) para decir que, para un cuerpo en reposo, o en movimiento, hay una fuerza constante que lo mantiene en ese estado, y por lo tanto, (la misma fuerza en el caso del movimiento, aunque no en el caso del reposo) que causa que el cuerpo resista y actúe en otros cuerpos. En suma, prescribe una explicación causal del comportamiento de los cuerpos" (39).

Por otra parte, la Segunda Ley de la Naturaleza, que junto con la Primera tiene "una notable similitud con la que ahora es conocida como la Primera Ley del Movimiento de Newton", (40) señala:

"Cualquier trozo de material considerado en sí mismo, tiende a continuar en movimiento, no en trayectoria oblicua, sino en líneas rectas... La razón para esta regla... es la inmutabilidad y simplicidad de la operación por la que Dios preserva el movimiento de la materia; porque él preserva el movimiento en la forma precisa en que ocurre, en el momento que lo preserva, sin considerar cómo fue apenas un momento antes. En el instante, por supuesto, ningún movimiento tiene lugar, pero obviamente, el movimiento de cualquier móvil está determinado en cualquier instante asignado de su duración como susceptible de ser continuado en una dirección dada, es decir, continuado en línea recta, no en ninguna clase de curva" (41).

El movimiento rectilíneo es el más simple porque es el más fácil de concebir (42). Cualquier movimiento es, por su propia naturaleza, rectilíneo, o como el propio Descartes señala: "...el movimiento es tendencialmente rectilíneo" (43). Es decir, cualquier cuerpo no se mueve necesariamente en línea recta, pero tiende a hacerlo. Esta tendencia sufre una constante oposición de la

resistencia externa, asunto que explica por qué el movimiento rectilíneo es mucho más una tendencia que una realización: "*tendere* expresa... la idea de una fuerza que se opone o actúa sobre una causa externa ya presente..." (44) Descartes da un ejemplo para ilustrar este punto: el caso de un cuerpo que se mueve circularmente en una honda. La piedra, arguye Descartes, en cualquier punto de su trayectoria, tiende a seguir un recorrido tangencial al círculo, pero se ve obstaculizado por la honda, que desempeña el papel de una resistencia. Entonces, ningún movimiento curvilíneo es inherente a la piedra. Y piensa Descartes que la experiencia lo confirma, pues si la piedra sale de la honda, seguirá una trayectoria tangencial. Sin embargo, la experiencia parece ser contraria a la opinión de Descartes, puesto que la piedra "describe una trayectoria aproximadamente parabólica" (45). Además, no necesariamente se sigue que, si no fuera obstaculizado, el cuerpo debería moverse en línea recta, puesto que el espacio podría no ser euclidiano (46). Y como opina Ellis, Descartes no es capaz de demostrar el movimiento rectilíneo al mostrar la imposibilidad de éste en presencia de resistencia. También, la posibilidad de un cuerpo que se mueve sin obstáculos es completamente nula: "se sigue que el único movimiento posible, es una circulación..."; luego, escribe Descartes: "todo movimiento involucra una especie de circulación de la materia que se mueve simultáneamente" (47). Cualquier movimiento en el Universo Cartesiano involucra a la totalidad del Universo ya que cualquier movimiento de un cuerpo ocurre por contacto, o por impulso y desplazamiento de otro cuerpo. No se debe olvidar que el mundo cartesiano es un plenum. De ahí que cualquier movimiento tiene —por decirlo así— implicaciones cosmológicas. Puede decirse que tal circulación se entiende topológicamente —como una curva cerrada— y no un círculo en sentido euclidiano (48). Consecuentemente, un movimiento libre en un universo cartesiano no es únicamente imposible, sino también impensable: un cuerpo no está nunca libre de fuerzas, (ya la honda, ya lo que le rodea). Por lo tanto, la tendencia hacia el movimiento rectilíneo nunca es realizable.

Descartes podría argüir que, aunque la resistencia impide la completa realización del efecto de la tendencia, no puede sin embargo, eliminar la tendencia misma.

Respecto de la función de esta ley en el contexto cartesiano, escribe Gabbey: "Esta ley fija

una limitación geométrica para la persistencia del estado de movimiento... la función es la de, por así decirlo, "geometrizarse" la fuerza del movimiento, establecida por la Primera Ley..." (49). Hemos mostrado que, a pesar de las dificultades encontradas, hay en Descartes pruebas sólidas que señalan una comprensión causal del movimiento. En efecto, puede decirse que, aunque Descartes se aparte de la tradición por el rechazo de muchos de sus importantes detalles, comparte su mismo espíritu. Puede agregarse también que la interpretación del movimiento-estado aparece como algo impuesto sobre el pensamiento cartesiano, como algo extraño no confirmado por los escritos de Descartes.

II. La Evolución del Análisis de Newton

Newton atribuye un conocimiento completo y un claro empleo, no sólo de la Primera, sino también de la Segunda Ley, a Galileo. En los *Principia* escribe: "Galileo descubrió que la caída de los cuerpos variaba con el cuadrado del tiempo (in duplicata ratione temporis) y que el movimiento de proyectiles era en la curva de una parábola..." (50). No hay, sin embargo, prueba conceptual (51) ni textual (52) en los manuscritos pre-*Principia* para atribuir a Galileo un papel de influencia sobre Newton respecto a la Primera Ley del Movimiento. Por el contrario, lo opuesto parece ser el caso. Sobre este punto, escribe Bernard Cohen:

"completamente aparte del hecho de que Galileo funda la Ley de la caída de los cuerpos en una forma diferente, y que ciertamente él no tuvo idea alguna del concepto Newtoniano de fuerza en la Segunda Ley del movimiento, ¿implica esta relación que Newton fue inspirado por Galileo para formular las primeras dos leyes del movimiento? Yo creo que no. Newton no parece haber leído las dos nuevas ciencias de Galileo (en el cual aparecen estos resultados concernientes a los cuerpos en caída y al comportamiento de los proyectiles) hasta años después de haber escrito los *Principia*" (53).

Cohen llama a toda esta situación "un ejemplo de la pseudo historia newtoniana" Consecuentemente, al atribuir la paternidad de las referidas dos leyes a Galileo, Newton se revela a sí mismo y muestra su desconocimiento de las *dos nuevas ciencias*. Con respecto a la Primera Ley del Movimiento, —comenta Cohen—, Newton "no podía concebir medio siglo después del *Discorsi* de Galileo, que un gran hombre como Galileo no hubiese comprendido completamente el Primer de

los evidentes 'axiomas o leyes del movimiento'" (54).

Los indicios concernientes a las influencias sobre Newton en relación con la Primera Ley, señala, más bien, e indudablemente, a Descartes. Es cierto que Newton funda su Primera Ley en los *Principia* de Descartes. Sin embargo, esto no quiere decir que Newton no modificó lo que tomó de Descartes. La propia formulación de Newton experimentó una evolución que hace su Primera Ley distinta a la de Descartes (55). Quizás la forma más acertada de decirlo es que Newton encontró su Primera ley en una forma rudimentaria en las dos Primeras leyes cartesianas de la naturaleza, y que a partir de ellas Newton desarrolló su propia formulación.

Pruebas de la influencia de Descartes en Newton aparecen en el llamado *Waste Book* en el que Newton escribe: Axioma I: "una cantidad se moverá siempre en la misma línea recta (sin cambiar la determinación ni la celeridad de su movimiento) a no ser que alguna causa externa lo desvíe" (56). Esta formulación presentada en dos partes por Newton es una clara reminiscencia de la correspondiente exposición hecha por Descartes. Relativo a este punto Herivel hace el siguiente comentario:

"Dado que Descartes fue la primera y, aparentemente, la única persona en enunciar el principio de la inercia en dos partes, entonces el hecho de que Newton lo haga de igual manera, y que sus partes sigan estrechamente aquellas de Descartes, hace por lo menos probable que aquel construyó su enunciado a imitación del de Descartes" (57).

Esta prueba se ve reforzada por el Axioma 100 del *Waste Book*, un axioma que provee las bases filosóficas sobre las cuales se fundamentan los dos primeros axiomas, como puede notarse a continuación:

"Axioma 100: todas las cosas perseveran en el estado en que se encuentran a menos que éste les sea interrumpido por alguna causa externa; de aquí los axiomas 1^o y 2^o. Un cuerpo una vez movido, podría conservar siempre la misma velocidad, cantidad y determinación del movimiento" (58).

La prueba anterior muestra que los conceptos también tienen su biografía. Bien puede ser el caso que el desarrollo y maduración de ciertos conceptos claves, requiera de una atmósfera intelectual adecuada. En otras palabras, el pensamiento humano es un esfuerzo, una empresa común, cuyos

medios pueden ser la influencia directa, la oposición, el rechazo o el posterior desarrollo, etc. En este nivel de pensamiento, Newton está bajo la influencia directa de Descartes y, como Herivel señala, este "principio filosófico general (axioma 100)... es nada menos que una fiel paráfrasis del principio dado en Latín en el artículo 37 de la parte II de los *Principia* de Descartes" (59).

No obstante, Newton nunca dio crédito alguno a Descartes. Esto es interesante ya que el "fragmento sobre la Ley de la Inercia" (60) publicado por los esposos Hall, muestra como Newton estaba dispuesto a reconocer como antecedentes de la Primera Ley del Movimiento a los atomistas, Anaxágoras y aún a Aristóteles. Sin embargo, esto es un "impulso histórico que posteriormente superó" (61). De acuerdo con muchos eruditos, Newton nunca reconoció su deuda intelectual con Descartes, nunca atribuyó papel alguno a Descartes en el desarrollo de la Primera ley, dado su exagerado anticartesianismo expresado en los *Principia Mathematica*. Aún en el título de su libro, —*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*— se encuentra esta vena polémica anticartesiana. Escribe Herivel: "el libro de Newton fue un intento de dar no solamente una nueva 'explicación' del sistema solar, sino también una refutación a la teoría de los vórtices de Descartes... podría no ser exageración afirmar que Newton, eventualmente, llegó a detestar a Descartes como físico y como filósofo..." (62). Luego de haber planteado algunos vínculos históricos para situar a Newton en una perspectiva más amplia, podemos volver nuestra atención a la evolución que la Primera Ley del Movimiento experimentó en el pensamiento de Newton. No debemos contentarnos con una visión estática de la Primera Ley del Movimiento; debemos fijar nuestra atención sobre el cuadro dinámico de su desarrollo (63).

En el desarrollo intelectual de la Primera Ley de Newton hay, desde el principio, una evolución paralela de dos clases de conceptos: uno que conduce a la Definición III y la otra a la Primera Ley de los *Principia*. Además de tal evolución paralela, se encuentra que tales conceptos algunas veces se combinan y las relaciones establecidas entre ellos son similares a las del fundamento causal y al estado de cosas causado. Descubrimos entonces que a lo largo de los Axiomas 1, 2 y 100, persiste la noción de que hay en los cuerpos "un poder de perseverar en su estado" (64). Tal poder "es llamado frecuentemente la fuerza del cuer-

po..." (65). Ya desde sus primeros escritos, Newton no excluye una explicación causal de la permanencia o conservación del movimiento.

Además de la característica de mantener los cuerpos en movimiento, hay otro aspecto de la "fuerza de los cuerpos". Esta otra característica fue observada por primera vez en el *de gravitatione et aequipondio fluidorum*:

"La fuerza (vis) es el principio causal del movimiento y del reposo y es, o una causa externa impresa sobre un determinado cuerpo, que genera o hace cesar su movimiento, o por lo menos, lo hace cambiar en algún grado; o es un principio interno por el cual el movimiento o el reposo impresos en un cuerpo se conservan y por el cual toda entidad intenta (conatur) perseverar en su estado actual y se opone a cualquier impedimento". (66).

Debemos recalcar que esta fuerza del cuerpo o principio interno (*internum principium*) no es, ni debe ser interpretado como un principio de automovimiento. Esta prohibición se sigue del hecho de que el movimiento está "impreso" en el cuerpo. En otras palabras, este principio interno o fuerza, no explica el origen del movimiento, explicación que, consecuentemente, debe buscarse en alguna otra parte. Esta fuerza interna se manifiesta, bien como una fuerza de mantenimiento, bien como una fuerza de resistencia como tal, es incapaz de proporcionar alguna respuesta al problema del origen del movimiento. Volveremos a este tema más adelante. Por el momento, debemos continuar con el nuevo aspecto vinculado a la fuerza del cuerpo, a saber, el concepto de fuerza de resistencia. En la definición del mismo manuscrito, leemos:

"La inercia es la fuerza interna de un cuerpo (que asegura) que su estado no sea fácilmente cambiado por alguna fuerza externa" (67).

Teniendo en cuenta lo que hasta aquí hemos dicho, podemos sacar la siguiente conclusión: esta fuerza interna está dotada de un doble carácter. En otras palabras, en cuanto fuerza de resistencia, la fuerza interna de los cuerpos actúa únicamente en presencia de fuerzas opuestas; esto es, cuando el estado del cuerpo está siendo cambiado; y como fuerza de mantenimiento, la fuerza interna actúa en ausencia de obstáculos externos, o de cualquier oposición a la conservación del nuevo estado. Es importante tener presente la diferencia entre estos dos aspectos de la fuerza de un cuerpo, ya que ésta se conserva a través de las diferentes ediciones de los *Principia*.

Hemos dicho al principio de esta sección que existe una estrecha relación entre el desarrollo del concepto de un principio interno a fuerza del cuerpo (*vis corporis*) y el desarrollo de las diferentes formulaciones de la Primera Ley del Movimiento. Ahora bien, viendo las funciones asignadas a tal fuerza, no debemos sorprendernos de los enunciados aparentemente no causales de la Primera Ley. Por ejemplo, "los cuerpos se mueven uniformemente en línea recta salvo en cuanto son retardados por la resistencia del Medio o perturbados por alguna otra fuerza" (68). Ya conocemos el por qué algunas de las formulaciones de la Primera Ley permanecen sin manifestarse respecto de las causas.

Hay además otro importante aspecto de la Primera ley al que debemos prestar atención: se trata del estado de cosas idealizado que subtiende a todas las formulaciones de la Ley. Cualquier proceso de idealización excluye, por su propia naturaleza, los problemas que no se consideran relacionados con el problema en cuestión. En otras palabras, se ha llevado a cabo un proceso de abstracción. Las formulaciones de la Primera Ley plantean una pregunta inevitable para nosotros: ¿permite la concepción del Universo de Newton la posibilidad real de un móvil libre? La respuesta a este asunto es crucial y la trataremos en breve. Por ahora digamos simplemente que lo que debe definirse es el grado de realidad atribuida a la Primera ley.

Volviendo al tema principal de esta sección, encontramos que hay otro ejemplo de interacción entre la *vis corporis* y la Primera Ley del Movimiento. En el *Tract De Motu* encontramos los dos siguientes pasajes:

"Y yo la llamo la fuerza de un cuerpo o la fuerza innata (inherente) (69) en un cuerpo por razón de la cual éste trata de persistir en su movimiento a lo largo de una línea recta" (70).

también en el siguiente:

"todo cuerpo bajo la acción exclusiva de su fuerza innata (sola vi insita) se mueve uniformemente en una línea recta hacia el infinito a no ser que cualquier cosa externa lo obstaculice" (71).

Además del hecho de que la interrelación entre la *vis insita* y la Primera Ley está claramente ilustrada con los dos pasajes anteriores, hay otro rasgo importante que merece alguna atención: si se satisfacen las condiciones (72) el cuerpo se mueve

al infinito. ¿Requiere la Primera Ley de un Universo infinito como marco de referencia? ¿Es de alguna manera la Primera Ley compatible con un Universo finito? En un sentido requiere un Universo espacialmente infinito y, en otro, es compatible con un Universo finito. Estos dos diferentes puntos de vista pueden ser reconciliados si tenemos en cuenta la naturaleza de la *vis insita*. Desde la perspectiva de la *vis insita* como una fuerza de mantenimiento, la posibilidad de pensar —o imaginar— un cuerpo moviéndose al infinito, postula o implica un universo infinito. Por otra parte, desde la perspectiva de la *vis insita* como una fuerza de resistencia, se asegura su compatibilidad con un universo finito. Como Dudley Shapere ha señalado: "Aún en un universo finito, cerrado, la tendencia de los cuerpos puede ser a moverse en línea recta siempre; simplemente están imposibilitados de hacerlo así por los límites del universo..." (73).

Newton, sin embargo, concibe su Primera Ley con un Universo infinito como telón de fondo. En otras palabras, analíticamente nada nos impide emplear el anterior enfoque; sin embargo, hablando históricamente, es un universo espacialmente infinito el que sirve como marco de referencia (74).

Uno de los hilos conductores de esta sección ha sido el constante énfasis puesto en el doble carácter de la *vis insita*. Debemos ahora ilustrar este aspecto de manera más explícita. En la Definición 12 del Borrador de las Definiciones y Leyes del Movimiento, leemos lo siguiente:

"La fuerza interna e innata de un cuerpo es el poder por el cual el cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta. Este es proporcional a la cantidad del cuerpo y se ejerce realmente de manera proporcional al cambio de estado, y en cuanto se ejerce se puede decir que es la fuerza ejercida del cuerpo" (75).

Parece ser el caso que la *vis insita* entra en acción únicamente cuando el cuerpo es afectado. Esto es sugerido por la idea de que esta fuerza "es ejercida de manera proporcional al cambio de estado". Es esta concepción de la *vis insita* que permite a Newton llamarla "la fuerza de reluctancia o resistencia del cuerpo" (76). Pero Newton no abandona la otra dimensión de la *vis insita*, como se sigue de la Definición 13 —suprimida luego— del mismo manuscrito: "La fuerza de un cuerpo que surge de su movimiento es aquella por la cual el cuerpo trate de conservar la cantidad total de su

movimiento. Comúnmente se le conoce como ímpetus y es proporcional al movimiento..." (77). Esta es la última vez que tal fuerza aparece en una Definición. En realidad, no aparece en lo que es —con algunos ligeros cambios— la Definición III de los *Principia*:

"La fuerza interna de la materia es el poder de resistencia por medio del cual, dada su propia naturaleza continúa tanto como es posible, en su estado de reposo o movimiento uniforme en línea recta: es proporcional a su cuerpo y no difiere del todo de la inercia de la materia excepto en nuestro modo de concebirlo. En realidad un cuerpo sólo recurre a esta fuerza en cambios de estado producidos en él por alguna otra fuerza que actúa sobre él y su realización es la Resistencia o Impetus, los cuales son distintos únicamente en su relación del uno con el otro: es resistencia en la medida en que el cuerpo se opone a una fuerza impresa en él, y es ímpetus en la medida en que el cuerpo, cediendo dificultosamente, intenta cambiar el estado de otro cuerpo..." (78).

Esta *vis insita* parece ahora estar dotada con un carácter (79) potencial cuya actualización depende de la acción de una fuerza impresa. Es decir, entra en acción con la aparición de fuerzas externas que intentan cambiar el estado del cuerpo en cuestión. Esta *vis insita*... "existe en el cuerpo como si invernara a través de todo el tiempo..." (80).

Por el mismo estilo, hay algunas cosas que, en una primera mirada, parecen extrañas y paradójicas en la Definición III de los *Principia*. El cuerpo de la Definición es como sigue:

"La *vis insita* o la fuerza innata de la materia, es un poder de resistencia (potentia resistendi) según el cual, cada cuerpo por su propia naturaleza permanece tanto como sea posible, en su estado presente, tanto si éste es de reposo, como de movimiento uniforme hacia adelante en línea recta".

"Permanece" es uno de los miembros de la antinomia. En el texto explicativo que acompaña esta Definición, se puede leer:

"Esta fuerza es siempre proporcional al cuerpo al que pertenece y no se diferencia en nada de la inactividad de la masa, tan solo en nuestra manera de concebirla. Un cuerpo, por la naturaleza inerte de la materia, no se le saca sino con dificultad de su estado de reposo o de movimiento. En virtud de esto, la *vis insita* puede ser llamada por un nombre más significativo: inercia (*vis inertiae*) o fuerza de inactividad. Pero un cuerpo ejerce esta fuerza únicamente cuando otra fuerza, impresa en él, procura cambiar su condición..." (81).

"Únicamente" es el otro miembro de la antinomia.

Si un cuerpo permanece en su estado, el significado de "únicamente" desaparece puesto que llega a ser inútil; ni un cuerpo ejerce su *vis insita* únicamente cuando se actúa sobre él, el significado de "permanece" se desploma. Lo que tenemos aquí en aparente conflicto es la presencia de los dos sentidos o matices ligados a la *vis insita* a través de los escritos de Newton. La *vis insita* como una fuerza de conservación y como fuerza de resistencia. Comentando sobre este aspecto, escribe Gabbey:

"Por un lado, la Definición III implica la proporcionalidad entre el cambio de estado y la *vis insita*; por el otro, no se niega categóricamente que éste puede ser una *vis motus* en un sentido distinto que el comprendido por el uso del significativo "únicamente", en el caso donde el cuerpo está en movimiento. Newton no dice explícitamente que la medida de la *vis insita* debe ser exclusivamente 'cuerpo X cambio de estado', puesto que podría excluir la posibilidad de una *vis motus* en el sentido de la Definición 13 al disminuir la importancia del "únicamente" y, más importante aún, podría no tener significado cuando se refiere al estado de reposo, lo que por supuesto no puede ser excluido de una definición que se propone describir las fuerzas originadas de la pasividad de la materia" (82).

Newton mantiene desde entonces, ambos significados, los cuales fueron forjados en sus escritos juveniles: "una fuerza de resistencia igual y opuesta a la *vis impressa* que ocasiona su aparición y la cual, puede ser igual o no serlo a la cantidad total de movimiento del cuerpo" y "una fuerza de permanencia o mantenimiento medida por la cantidad total de movimiento del cuerpo de la cual es la fuerza que lo mantiene" (83). Esta *vis insita* es, por lo tanto, de naturaleza dual, tal como puede deducirse de la Definición III: "La *vis insita*... es un poder de resistencia por el cual todo cuerpo por su propia naturaleza permanece tanto como sea posible". Una vez más la *vis insita* está ilustrada por el texto explicativo que acompaña la Definición III y el correspondiente texto explicativo de la Definición IV donde encontramos que "un cuerpo mantiene todo nuevo estado adquirido por su inercia solamente". Si quedara alguna duda sobre el uso de la *vis insita* como fuerza de mantenimiento o conservación, podemos recordar el pasaje encontrado en un trozo de papel en el ejemplar anotado de la segunda edición de los *Principia*. Ahí escribe Newton:

"No quiero decir el concepto kepleriano de fuerza de la inercia por la cual los cuerpos tienden al reposo, sino una

fuerza de mantenimiento en el mismo estado, sea éste de reposo o de movimiento" (84).

La doble naturaleza de la *vis insita* como la imagen en el espejo, contrafuerza, de la *vis impressa* y como fuerza de mantenimiento o de conservación, es mostrada por Newton, nuevamente, en la *Optica*: "Esta *vis inertiae* es un principio pasivo por el cual los cuerpos permanecen en movimiento o en reposo, reciben movimiento en proporción a la fuerza impresa y resisten tanto como son resistidos". Concluyendo, podemos decir que cualquier conflicto entre estos dos matices de la *vis insita*, deriva de una lectura exclusivamente literal de Newton. De hecho,

"No hay necesariamente una contradicción en el uso simultáneo por parte de Newton, de dos interpretaciones de la fuerza de inercia, aunque equívocamente expresadas por los mismos términos, los cuales no están explícitamente detallados en las respectivas definiciones en que aparecen. No se originan inconsistencias de la consideración de las realidades dinámicas que estas definiciones intentan expresar en una forma que puede ser de valor pragmático" (85).

Cualquiera podría preguntar qué sentido tiene este viaje intelectual a través de los diferentes significados de la *vis insita*. Durante toda esta sección, hemos recalado constantemente las interrelaciones entre la *vis insita* y la Primera Ley del Movimiento. Ahora bien, ¿Qué encontramos en la formulación última y definitiva de la Primera Ley de Newton? La Primera Ley señala que "Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o movimiento uniforme rectilíneo, a menos que sea compelido a cambiar de tal estado por fuerzas impresas en él". Notando la ausencia de referencias respecto de la *vis insita* en la anterior formulación, Herivel piensa que Newton experimenta un proceso de liberación con relación a la necesidad de atribuir algún tipo de causalidad a la Primera Ley. De acuerdo con Herivel, Newton se libera de lo que fue, aparentemente, su creencia previa, esencialmente medieval sobre la necesidad de alguna fuerza interior o ímpetus para mantener un estado inercial del movimiento uniforme. A partir de entonces, tal movimiento, o reposo, fue un verdadero estado en el sentido cartesiano, enteramente autosuficiente, y el principio de inercia, un verdadero principio, algo que había que considerar como dado, un hecho natural, que no tiene explicación y tampoco la necesita (86).

A la luz de lo que hemos venido planteando,

una posible respuesta al enfoque de Herivel sería decir que Newton no necesita del todo incluir la *vis insita* en el enunciado de la Primera Ley simplemente porque él ha provisto la explicación causal del reposo y del movimiento rectilíneo uniforme en función de las Definiciones III y IV. En otras palabras, no es el caso que la Primera Ley implique un estado de cosas incausadas, sino que éste nos parece como si lo fuera cuando lo tomamos fuera de contexto y, consiguientemente aislado de las Definiciones. Aún más, interpretar la Primera Ley como la formulación de un estado de cosas incausado es ostensiblemente contrario a lo que Newton piensa, quien claramente afirma que "...todos los cuerpos son móviles y, están dotados con un cierto poder (al que llamo inercia) de mantener su movimiento, o su reposo..." (87). Después de todo, el movimiento rectilíneo es un efecto y como tal, requiere una causa. Consecuentemente,

"Si se mantiene que la diferencia fundamental entre la mecánica antigua medieval y la mecánica clásica, consiste en la distinción entre el movimiento-como-un-proceso y el movimiento-como-un-estado, entonces parece necesario considerar a Newton como alguien que todavía no es un exponente de la mecánica clásica, de manera tal que se haría necesario establecer una distinción entre la mecánica Newtoniana y la mecánica clásica" (88).

Desde las perspectivas histórica y conceptual, parece que atribuirle a Newton la concepción de un estado de cosas incausado, presumiblemente expresados en la Primera Ley, resulta injustificado: "...Newton... mantiene en la primera edición de los *Principia*, que un cuerpo es mantenido en movimiento libre rectilíneo por su 'fuerza innata' (la *vis insita*) medible por la cantidad de movimiento (mv)..." (89).

Lo que tenemos hasta aquí es la crítica de una interpretación filosófica que hemos llamado la interpretación-del-movimiento-estado. Nos hemos preocupado por mostrar sus limitaciones. También, hemos mostrado el movimiento interno de la Primera Ley hacia su completa formulación, de manera que se pueda ver el producto final sin prescindir de su historia. Quedan aún algunos problemas que tan sólo han sido mencionados, como la posibilidad de un cuerpo móvil sin oposición, la realidad idealizada que introduce la Primera Ley y el poder explicatorio de la *vis insita*. En suma, lo que ha de ser tratado en el próximo capítulo es el status de la Ley y la clase de

información que da sobre la realidad.

III. La Primera Ley de Newton

"Todos los cuerpos permanecen en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que sean compelidos a cambiar de estado por fuerzas impresas sobre ellos". Tal como está planteada al comienzo de los *Principia* bajo la rúbrica de Axiomas o Leyes del movimiento, parece que la Primera Ley fuera completamente evidente en sí misma. A primera vista, esta Ley se nos presenta como si no tuviera historia: Newton no dice nada respecto de su desarrollo. Lo que parece más importante en este momento, la Ley no exhibe ninguna dificultad intrínseca (90). No hay suposiciones ni preconcepciones de ninguna clase. Consecuentemente, la Primera Ley aparece, prima facie, libre de problemas. Después de todo, Newton presentó la Primera Ley como Primer Axioma del Movimiento; y no hay duda que a primera vista, se nos aparece con este rasgo axiomático o de plena evidencia. Que la Primera Ley se toma de este modo lo confirma sorprendentemente el eminente crítico del sistema newtoniano, el obispo George Berkeley, quien en su *De Motu* escribe:

"Los más connotados filósofos de nuestro tiempo se inclinan por un principio indubitable, según el cual todos los cuerpos permanecen en su propio estado, sea este de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, excepto si es compelido del exterior a alterar ese estado" (91).

Berkeley da un paso más y afirma explícitamente que la Primera Ley es confirmada por la experiencia: "la experiencia nos muestra que es una Ley primaria de la naturaleza según la cual un cuerpo persiste en movimiento o en reposo mientras que nada externo ocurra que lo haga cambiar dicho estado..." (92). Han de resolverse el grado en el que la opinión Berkeleyana, expuesta en el párrafo anterior, sea una interpretación adecuada de la Primera Ley y el grado en el que ésta sea una posición sostenible. Es decir se trata de ver si Berkeley realmente entendió a Newton.

La Primera Ley afirma que un cuerpo aislado sigue una trayectoria rectilínea con una velocidad constante. En razón de este aspecto de idealización (la ausencia de fuerzas), Whitehead piensa que la Primera Ley trata de un concepto de extrema importancia en el desarrollo de la ciencia, a saber, el concepto de un sistema idealmente aislado. Pero

un sistema tal no excluye la posibilidad de la existencia real de cosas fuera del sistema. El sistema se encuentra "aislado" dentro del universo. El sistema no tiene una independencia substancial, de manera que el universo primero es borrado y luego, subrepticamente, es reintroducido:

"Así, la concepción de un sistema aislado no es la concepción de la independencia substancial del resto de las cosas, sino de libertad frente a la dependencia contingente casual sobre determinados aspectos dentro del resto del universo. Además, esta libertad de la independencia casual es requerida únicamente respecto de ciertas características abstractas propias del sistema aislado y no respecto del universo en todo su concretitud" (93).

Hay, sin embargo, dimensiones de la realidad que se abstraen o se prescinde de ellas o, lo que es lo mismo, se consideran impertinentes. Hay, consecuentemente, un proceso de simplificación: un fenómeno complejo es transformado en un fenómeno simple —de una "complejidad" a una "simplicidad"—. Que este proceso de abstracción ha ocurrido es algo que debemos tener presente para evitar cometer antinomias, esto es, formular preguntas acerca del sistema aislado o "sus características abstractas", como si fueran acerca del sistema en toda su concretitud. Si se desconocen estos límites podría confundirse lo abstracto y lo concreto y con ello pagar tributo a lo que brillantemente Whitehead llamó la falacia de la concretitud desplazada, o, a lo que de manera similar Wightman llama la tiranía de las abstracciones.

Recalcando los anteriores elementos, podemos acrecentar nuestra conciencia del hecho de que la Primera Ley es, por así decirlo, una caja de sorpresas. La riqueza conceptual, los elementos paradójicos incluidos en la Primera Ley —aunque ocultos bajo la superficie— revela cómo esta Ley es un cúmulo de complejidades y perplejidades que escapan a una mirada poco atenta. Volvamos nuestra atención hacia alguna de tales dificultades.

En el prefacio de la primera edición de los *Principia*, Newton presenta los elementos constitutivos de su planteamiento para el estudio del movimiento: "En este tratado he cultivado las matemáticas en la medida en que éstas se relacionan con la filosofía". El planteamiento newtoniano, por tanto, no parece ser exclusivamente físico, ni exclusivamente matemático. Más bien, siguiendo la tradición de las ciencias medias (*scientiae mediae*), es física matemática, esto es, entre matemática pura y ciencia natural (94). Esto

no es sino la matemática aplicada al estudio de la Naturaleza:

“...la mecánica racional será la ciencia de los movimientos resultantes de cualesquiera fuerzas, y de las fuerzas requeridas para producir cualquier movimiento propuesto y demostrado con precisión... Me ocupo de la filosofía más que de las artes y escribo... respecto... de los poderes naturales y, considero principalmente aquellas cosas que se relacionan con la gravedad, la levedad, la fuerza elástica, la resistencia de los fluidos y otras fuerzas similares, sean de atracción o impulsión, y por tanto, presento este trabajo como los principios matemáticos de filosofía, pues el mayor peso de la filosofía parece consistir en esto —partir de los fenómenos de los movimientos para investigar las fuerzas de la naturaleza y, así, de estas fuerzas, demostrar los otros fenómenos—. Hacia este fin están dirigidas las proposiciones generales del primero y segundo Libros; en el tercero, derivo de los fenómenos celestes, las fuerzas de gravedad con las cuales los cuerpos tienden hacia el sol y algunos planetas. De estas fuerzas, por otras proposiciones que también son matemáticas, deduzco los movimientos de los planetas, los cometas, la luna y el mar” (95).

Newton insiste una y otra vez en que esta perspectiva sobre la naturaleza es de carácter físico matemático. Una característica importante que acompaña tal enfoque es la posición no comprometida respecto de la naturaleza de las fuerzas. En concordancia con esto, Newton hace el siguiente comentario en la Definición VIII: “Aquí pretendo tan sólo dar una noción matemática de esas fuerzas, sin considerar sus causas y fundamentos físicos” (96). Wallace brinda una correcta evaluación de esta posición newtoniana:

“Un estudio desprejuiciado de la presentación de la física matemática de Newton indica que él consideró plenamente válido el discutir las leyes matemáticas y las propiedades del movimiento, aunque abstrayendo completamente de los factores físicos que son las causas adecuadas de tal movimiento” (97).

Como producto de tal actitud se da el hecho de que no hay un enfoque ontológico del status de la fuerza, ni preocupación alguna respecto de las últimas implicaciones que pueden extraerse del concepto newtoniano de fuerza. Así, entonces, puede decirse que no hay compromiso ontológico respecto del significado real de tal concepto; “la situación filosófica de la vis inertiae y de la vis impressa no queda clara en ese trabajo (*Principia*), ni fue interés de Newton hacer una ontología de la fuerza o una fundamentación metafísica de sus principios básicos y suposiciones” (98). Tenemos

hasta aquí, el marco en el que se inserta la Primera Ley del Movimiento y el telón de fondo frente al cual ésta debe ser juzgada.

El estado de cosas descrito por la Primera Ley está basado, sin duda alguna, en un caso idealizado, ya que se abstraen tanto las causas externas como las fuerzas impresas y la resistencia del medio. En este sentido, la información dada por la Ley señala lo que sucedería a un cuerpo abandonado a sí mismo (99). Así, la Primera Ley asume una función negativa: la de señalar lo que sucedería en ausencia de resistencia. Comentando este hecho, Wallace opina que el problema real (la parte positiva de la ley) radica en la primera parte de la formulación (todos los cuerpos permanecen en su estado de reposo o de movimiento uniforme y rectilíneo...).

Antes de seguir adelante, hay una aclaración importante que debe hacerse para comprender mejor los elementos idealizados de la Primera Ley, tal como ésta aparece en los *Principia*. No hay duda que en los manuscritos de los *Principia*, Newton siempre introduce un estado de cosas idealizado en la medida en que hace abstracción de los factores perturbadores o desviadores. Pero la introducción de lo que Wallace llama el “contenido positivo”, el cual se basa en un razonamiento por aproximación al límite, es un aspecto nuevo encontrado únicamente en los *Principia*.

Al respecto Newton razona de la siguiente forma: En el movimiento de un proyectil hay dos formas de aproximarse al movimiento rectilíneo uniforme; una, incrementar la velocidad del proyectil; otra, disminuir la resistencia a su movimiento (resistencia creada ya por el medio, ya por la fuerza de gravedad). Por consiguiente, el aumento de velocidad y la disminución de la resistencia capacitan al proyectil a seguir una trayectoria recta con una velocidad constante. Newton “en ese momento de su razonamiento... da cuenta de un hecho perceptible experimentalmente” (100). En sus propias palabras:

“Un proyectil no sería desviado hacia la tierra si no fuera por la fuerza de la gravedad, pero podría salir de ella en línea recta y con movimiento uniforme, si se eliminara la resistencia del aire. Es la gravedad la que constantemente lo desvía de su curso rectilíneo y lo hace desviarse hacia la tierra más o menos de acuerdo con la fuerza de su gravedad y la velocidad de su movimiento. Cuanto menor es la gravedad, o la cantidad de su materia, cuanto mayor es la velocidad con que es proyectado, cuanto será la

desviación de su curso rectilíneo y mayor la distancia que recorrerá”.

Aumentando la velocidad y disminuyendo la resistencia a cero, —la resistencia en el límite—, y sin basar ya su opinión en fundamentos experimentales, sino más bien, extrapolando a partir de ellos, Newton da el salto y afirma el caso límite de la manera siguiente:

“Incrementando la velocidad, podríamos a voluntad incrementar la distancia a la cual puede ser proyectado y disminuir la curvatura de la línea que el móvil describiría... de manera que el móvil no caería nunca a la tierra, sino que continuaría introduciéndose en los espacios celestiales y moviéndose hacia el infinito”(101).

De acuerdo con la cita anterior, la Primer Ley aparece como la concreción o encarnación de este caso límite, y por este hecho, la Primer Ley “es realmente una conclusión, una inferencia surgida de una aproximación físico matemática a un límite y, por esta razón, no es un principio puramente físico, sino físicomatemático” (102).

Hemos hablado de la aproximación y tránsito al límite como propio de los *Principia*, pero no hay duda que la perspectiva físico-matemática de Newton tiene una vida más larga (103). Quizás lo que ocurre es que Newton, aún antes de los *Principia*, —como piensa Wallace— se concentró en el “caso límite”. Una forma más exacta de formular este mismo asunto es decir que Newton se concentró sobre el caso idealizado —ya que no puede haber caso límite sin aproximación al límite—. Wallace señala que un enunciado más riguroso del caso límite podría leerse como sigue: “...conforme la resistencia llega a cero, la distancia recorrida llega a infinito” (104). El propio Newton sugiere este enfoque en diferentes formulaciones de la Primera Ley, como se ilustra a continuación:

“Todo cuerpo bajo la sola acción de sus vis insita se mueve uniformemente en línea recta hacia el infinito a no ser que algo externo se lo impida” (105).

“Por su sola fuerza innata un cuerpo puede siempre avanzar uniformemente en línea recta a condición que nada lo obstaculiza” (106).

Ya sea desde la perspectiva de la Ley como caso límite o desde la perspectiva del caso idealizado (advírtase que una no excluye a la otra; nosotros hacemos la diferencia únicamente con el objetivo de destacar que el razonamiento involucrado en

una aproximación al límite es una novedad introducida por los *Principia*), una conclusión se impone con abrumadora evidencia: La Primer Ley no es un enunciado fáctico. No es un aserto existencial al que corresponda alguna realidad. Por lo tanto, no proporciona información sobre un estado de cosas real. Y como tal, no implica que haya un cuerpo moviéndose uniforme y rectilíneamente. La posibilidad de tal cosa es denegada por la realidad, la cual impide hasta la más mínima posibilidad de existencia de un vacío. Si la realidad excluye toda posibilidad de vacío del reino natural, una conclusión lógica parece ser que un cuerpo en movimiento rectilíneo y uniforme siempre encontrará alguna resistencia a su movimiento. De hecho la experiencia muestra que un cuerpo moviéndose de tal forma, pronto llega al reposo. Por una parte, la experiencia contradice lo declarado por la Primera Ley; por otra, los experimentos señalan en la misma dirección. Por lo tanto, un movimiento libre, uniforme y rectilíneo no podrá encontrarse en el ámbito natural. Su posibilidad está minada por los experimentos que señalan que las condiciones bajo las cuales la ley podría llenar sus pretensiones son inobtenibles. Los experimentos muestran cómo el presunto vacío es imposible:

“Los mejores vacíos obtenibles en laboratorios muy bien equipados son aún bastante densos y la información actual sobre el llamado espacio vacío interestelar indica que la densidad de la materia más enrarecida que se podría encontrar es de una partícula nuclear por centímetro cúbico. Así, pareciera que los medios resistentes son un fenómeno universal” (107).

Se podría afirmar de manera concluyente que el experimento y la experiencia están manifiestamente en contradicción con la descripción ofrecida por la Primera Ley y que de algún modo esto no podría ser de otra forma, si concordamos con la opinión de Koyré: “El movimiento tratado en esta ley, no es el movimiento de los cuerpos de nuestra experiencia; nosotros no lo encontramos en nuestra vida diaria. Este es el movimiento de los cuerpos geométricos (Arquimídeos) en el espacio abstracto” (108).

Ahora bien, dejando de lado las anteriores objeciones, como si éstas no se hubiesen planteado y admitiendo que los datos experimentales y el instrumental experimental en los tiempos de Newton, no eran tan completos como en la actualidad y, además, asumiendo una perspectiva histórica, uno podría preguntar aún: ¿Cuál es la fundamen-

tación de la idea de un cuerpo libre de fuerzas —moviéndose uniforme y rectilíneamente— en un contexto puramente newtoniano? ¿En un universo newtoniano puede haber algo como un cuerpo aislado, libre de fuerzas que actúen sobre él?

En un universo newtoniano todo cuerpo ejerce una fuerza gravitacional sobre todos los demás cuerpos. Por lo tanto, en la medida en que hay más de un cuerpo, ninguno puede estar libre de ser influido por otro. En este contexto, el estado de cosas comprendidas por la Primer Ley, “no es una generalización acerca de movimientos observados de cuerpos particulares. Es, más bien, una abstracción de tales movimientos” (109). Aún si hubiéramos considerado puntos-masa, en la medida en que hay más de uno, la posibilidad de un cuerpo no perturbado parece ser nula. Ahora bien, violentando el universo newtoniano —y dándole rienda suelta a la imaginación—, uno podría decir que la única alternativa posible, la única forma posible de un cuerpo libre de fuerzas impresas, sería un universo compuesto de un único cuerpo. La totalidad del universo ha sido eliminada; y en el mejor de los casos, lo que podría decirse es que el movimiento de un cuerpo en un universo-de-un-sólo-cuerpo, es indeterminado. Sin embargo, ¿no es un sinsentido, en este universo o no universo, afirmar que un cuerpo se mueva? Además, ¿cuál podría ser el significado, si hay alguno, de afirmar que un cuerpo sigue una trayectoria rectilínea con movimiento uniforme? Parece ser que las anteriores preguntas reintroducen lo que fue descartado en primer término. Una vez que el universo ha sido eliminado, la afirmación de un cuerpo que se mueve de manera uniforme y rectilínea, presupone —o reintroduce subrepticamente— el resto del universo mediante una aparente amnesia epistemológica. En un universo de un cuerpo podría resultar imposible saber si un cuerpo se mueve o no. Y, a fortiori, sería un sinsentido —sin un marco de referencia— preguntar si tal movimiento podría ser rectilíneo y uniforme. La rectilinealidad es una relación y también lo es la uniformidad. Consecuentemente, no podrían ser predicadas de un sólo cuerpo sin caer en contradicción. Debe haber más de un cuerpo para que alguien pueda afirmar que un movimiento es rectilíneo y debe haber la posibilidad de medir, para que alguien afirme que un movimiento es uniforme. Dadas estas condiciones y desacuerdo con la Ley de la Gravitación, la existencia de un cuerpo no perturbado o libre de fuerzas, resulta imposible.

Norwood Russell Hanson caracteriza toda esta dificultad como sigue:

“El carácter contrafáctico de la Ley de Inercia sobresale no meramente como la observación del hecho de que no hay cuerpos que se encuentran libres de fuerzas... la Ley entonces se revela en referencia a entidades tales que, aunque no han sido observadas permanecen observables, esto es, que sabemos lo que sería encontrarse tales entidades. No. Más bien, la Ley refiere a entidades inobservables como un asunto de principio físico: la Ley choca con nuestras concepciones del significado físico, o con otras leyes de la mecánica. De cualquier manera, es difícil de comprender” (110).

¿Qué tenemos hasta aquí? La Primera Ley del Movimiento no es una ley o axioma evidente. Es más un principio de la imaginación que un principio de la razón o la experiencia, en la medida en que es posible imaginar —sin caer en contradicción— un cuerpo en movimiento rectilíneo y uniforme. Sin embargo, tal cuerpo no existe en el universo que conocemos. Por lo tanto, la Primera Ley no es una Ley de la Naturaleza. Para establecer la verdad de sus afirmaciones, debe uno hacer violencia a la realidad. La única posibilidad —como se dijo antes— de que un cuerpo esté libre de fuerzas es que exista un universo de un único cuerpo, pero entonces, inmediatamente, quedamos incapacitados para emitir algún enunciado significativo respecto del comportamiento mecánico de tal cuerpo. Hasta tal punto es esto que, “si nosotros suponemos que todos los otros cuerpos son eliminados y, por ejemplo, un globo fuera el único existente, no podría concebirse movimiento alguno en él... Similarmente, ninguna otra relación puede ser concebida sin correlatos” (111).

Otra conclusión que puede derivarse respecto de la Primera Ley es la siguiente: la Primera Ley no puede ser demostrada. Siguiendo la interpretación de Wallace, se podría decir, puesto que la Ley en cuestión depende de una transición a un límite, que la única forma de probar su verdad consiste en demostrar que el caso límite puede ser verificado. Sin embargo, el tránsito de la aproximación al límite, verificado por la experiencia al límite mismo, es cuestionado por el hecho de que tal tránsito no porta ninguna evidencia apodíctica. En otras palabras, hay casos en los cuales el límite no es verificado: “un ejemplo es la aproximación del polígono al círculo conforme el número de lados es incrementado indefinidamente... el caso límite es una figura de diferente especie, ya no es un polígono sino un círculo” (112). Hay un abismo

insalvable entre la aproximación al límite y el límite. Si uno sostiene —como los manuscritos pre-*Principia* parecen mostrar— que Newton siempre consideró el “caso límite” —en este caso sin el proceso de aproximación a él—, parece que no hay ninguna viabilidad para una demostración de la Primera Ley, porque la Primera Ley, como ya se ha visto, establece una versión simplificada de realidades inmediatas. Además, “no tenemos medios definidos para probar que un cuerpo una vez que comienza a moverse, continúa haciéndolo por un tiempo indefinido y a lo largo de una línea recta” (113).

En aras de la claridad, una elucidación más ha de hacerse: La Primera Ley del Movimiento no es lógicamente inconsistente. No hay, por decirlo así, contradicciones lógicas en su interior. Si se toma literalmente, es una descripción inadecuada de las realidades puesto que las condiciones exigidas por la Ley son realmente desconocidas. “La idea de un cuerpo libre de fuerzas no es formalmente inconsistente. Si lo fuera, Newton lo habría descubierto inmediatamente: a lo sumo esta idea involucra una contradicción física” (114).

Uno podría preguntarse —y con razón— por qué Newton adoptó la Primera Ley del Movimiento con ese conglomerado de complejidades y perplejidades. Una posible respuesta sería que, simplemente, Newton no estuvo consciente de las dificultades involucradas. Pero esta no es una descripción fiel ni justa del pensamiento newtoniano como lo veremos más adelante. Otra posible respuesta, y ésta en mayor consonancia con la forma de pensar de Newton, puede darse en los siguientes términos: es la libertad para considerar los problemas de manera puramente matemática, o en una puramente filosófica, lo que capacita y permite a Newton formular la Primera Ley del Movimiento y construir un sistema de física (115). Después de todo, la física puede ser desarrollada como una ciencia de una manera matemática, pero aún así, necesita ser apoyada por la experiencia. Y es un hecho incontrovertible que la experiencia y el experimento niegan la realidad de un movimiento puramente rectilíneo y uniforme. Entonces, Newton se nos presenta aquí como un matemático que no tiene dificultad en concebir un móvil que sigue una trayectoria rectilínea con velocidad constante. Es probable que este “juego” entre matemática y física —la trascendencia de la realidad y la referencia a ella— explique la fecundidad de la Primera Ley, y al mismo tiempo, resalte sus limitaciones

intrínsecas. O como dice Gastón Bachelard “...la ciencia simplifica lo real y complica la razón” (116). Es esta actitud —lo repito— lo que hace incuestionable la fecundidad de la Ley como un principio físico matemático y del mismo modo hace incuestionables sus limitaciones como un principio físico.

Las dificultades atribuidas a la Primera Ley del Movimiento no reducen su utilidad o función como una ley físico matemática. Y como Gabbey recomienda, debemos prestar atención no sólo al contenido descriptivo de la Ley, sino también a su función:

“La función de la Primera Ley es... prescribir la norma con respecto a la cual el comportamiento de los cuerpos puede apropiadamente llamarse ‘mecánico’, prescribir la forma con respecto a la cual resulta posible recurrir y calcular aquellas fuerzas, el examen de cuyos efectos ‘es un tema propio de la filosofía’... La Primera Ley prescribe el marco dentro del cual los efectos de las fuerzas impresas pueden ser matemáticamente compuestas. Newton usa la *vis inertiae* de mantenimiento como el correlato causal de la Primera Ley, únicamente como un recurso heurístico que permite el análisis matemático de ciertas clases de desviación de la norma ‘pre mecánica’ las cuales se deben exclusivamente a las fuerzas impresas” (117).

Por lo tanto, según el contenido de la física de Newton y, tomando en cuenta las limitaciones impuestas por la Primera Ley, uno debe aceptar su utilidad o el alcance de aplicabilidad sin caer en la tentación de transgredir sus límites.

De acuerdo con esto y aceptada su utilidad, puede uno reconocer que la Primera Ley “no tiene la amplia aplicabilidad de un principio físico generalizado que pudiera ser universalmente verificado en todos los movimientos reales” (118). En otras palabras, lo que Wallace pone de relieve en la cita anterior es la conciencia de los límites.

Otro aspecto de utilidad de la Primera Ley consiste en el hecho de que ésta resulta un auxiliar en el análisis de los movimientos reales. Es decir, el proceso de simplificación que implica puede ser visto como una forma de conferir inteligibilidad a los movimientos reales. Es en este concepto que Andrew G. Van Melsen escribe:

“Tal argumento (que la inercia exige condiciones que de hecho no existen) no parece resolver nada. La razón por la que la ciencia estableció la ley de inercia, no fue porque estuviera interesada en movimientos inexistentes, sino porque la Primera Ley de la Inercia es de gran ayuda en el análisis de los movimientos reales. Ella señala una importante tendencia en todos los movimientos, a saber, la

tendencia a continuar moviéndose y que esa tendencia es real" (119).

De alguna manera, la opinión de Van Melsen pareciera contravenir el principal hilo de argumentación de este capítulo. Pero observando cuidadosamente descubrimos que este conflicto es sólo aparente y que se soluciona por la distinción establecida entre la verdad (120) del enunciado de la Primera Ley tomado como una descripción de cuestiones de hecho y su utilidad o función como un principio físicomatemático. En otras palabras, mostrar las limitaciones de la Primera Ley no implica que la privemos de sus funciones. Implica, sin embargo, que intentamos explicitar y precisar su verdadero alcance.

Queda aún por definir el grado de conciencia de Newton sobre las dificultades y los límites. A esto nos dedicaremos en las siguientes líneas.

IV. Newton estuvo consciente de los límites de su análisis

Este aparte intenta mostrar que Newton tuvo conciencia de las dificultades involucradas en su concepción del movimiento y, por ello, de las limitaciones implícitas de su enfoque. Para mostrarlo, hemos de alejarnos de la interpretación unidimensional que muchas veces se brinda de las posiciones del autor de los Principios Matemáticos de Filosofía Natural. Recapitulemos lo que tenemos hasta este momento. De la lectura de los *Principia* y de los manuscritos anteriores a esta obra, se puede concluir que la *vis insita* es una propiedad de la materia que pertenece a su propia naturaleza. En efecto ésta se encuentra basada en la pasividad de la materia. Entonces, la *vis insita* no es algo adventicio, sino algo con lo que está dotado un cuerpo por el simple hecho de ser. Esta no es una fuerza activa de resistencia o de persistencia. Es una "fuerza pasiva". Ahora bien, este poder de resistencia o de conservación de un estado, parece no tener nada que ver con la negación de la causalidad del movimiento. Nada está dicho acerca de lo que da inicio al movimiento: El origen del movimiento, en este estado del problema, permanece sin mencionar, oculto. En consonancia con ello, la *vis insita* no es un principio de actividad, o de automovimiento; no es capaz de dar cuenta del origen del movimiento. La *vis insita* puede mantener el movimiento pero es incapaz de explicar-

lo (121).

La *vis insita* es proporcional a la masa del cuerpo. Y es bajo esta luz que la inmutabilidad (122) de la *vis insita* debe entenderse. Esto es así en la medida en que la masa es un valor constante. Pero Newton también establece que la *vis insita* "no difiere en nada de la inactividad de la masa, salvo en nuestra manera de concebirla" (123). Este hecho da cuenta de los diferentes valores que esta fuerza asume (124). En este momento hay algo que debe recalcarse: la masa y la inactividad de la masa no son idénticos. La masa es de un valor constante y permanente, "pero la inactividad (inercia) es un valor constante únicamente en el sentido de que cada cuerpo la posee intrínseca y "necesariamente"; además, los valores que ésta asume como fuerza dependen de los cambios inducidos en el estado del cuerpo (125). Estamos aún en el punto de partida, es decir, si la materia se caracteriza como inerte o inmóvil, la fuente del movimiento no puede ser explicada en función de esa inactividad. El otro punto importante que se nos presenta es el de que Newton emplea la Primera Ley como un recurso heurístico, recurso cuya importancia se nos revela cuando consideramos el cambio de estado de un cuerpo que está por ocurrir. Así entendido, nos damos cuenta de que Newton estuvo consciente de las dificultades de la Primera Ley y que la Primera Ley no puede ser tomada como una descripción de un verdadero estado de cosas. Consecuentemente, un movimiento uniforme y rectilíneo requiere —de acuerdo con la Primera Ley— una causa que lo explique.

Respecto de la fuente del movimiento parece que no hay dudas acerca de su causa. Newton da pistas claras respecto al origen del movimiento. En el Escolto General escribe: "Este hermosísimo sistema del sol, planetas y cometas, sólo puede proceder del consejo de una existencia poderosa e inteligente..." (126). En otro lugar, Newton escribe que los "movimientos que los planetas realmente tienen no podrían surgir de alguna causa natural, sino que fue impresa por algún agente inteligente" (127). Este mundo creado por Dios, parece tener mucho más rasgos que el mundo descrito por los *Principia*. En la cuestión 31 de la Óptica, Newton señala:

"me parece probable que Dios formó en un principio la materia compuesta de partículas sólidas, duras, impenetra-

bles y móviles...

Me parece también que esas partículas no tienen solamente la *vis inertiae*, acompañada de las leyes pasivas del movimiento que naturalmente resultan de esa fuerza, sino también que están movidas por ciertos principios activos, como el de la gravedad y el que produce la fermentación y la cohesión de los cuerpos.

La pasividad de la materia sobre la que se basan las leyes del movimiento, es incapaz de dar cuenta de la realidad del movimiento. La materia es más rica en dimensiones que lo que los *Principia* parecen sugerir. La materia está dotada de muchos otros aspectos tan importantes como la *vis inertiae* o aún más importantes que ella. A la luz de los principios activos anteriormente mencionados, uno podría ver cómo Newton se aparta de la idea de la conservación del movimiento tal como lo concibió Descartes. En este estado de su pensamiento, Newton cuestiona el ámbito de aplicabilidad de la Primera Ley, junto con la suficiencia de la *vis insita* como principio de conservación. Si no fuera por los principios activos, el mundo podría simplemente detenerse. Newton escribe:

"viendo, por tanto, que la variedad del movimiento que encontramos en el mundo va siempre decreciendo, hay una necesidad de conservarlo y renovarlo mediante principios activos, como son: la causa de la gravedad, por la cual, los planetas y los cometas conservan sus movimientos en las órbitas y los cuerpos adquieren gran movimiento en su caída, y la causa de la fermentación, por la que el corazón y la sangre de los animales se mantienen en perpetuo movimiento y calor, las partes internas de la tierra reciben constante calor y en algunas partes llegan a calentarse mucho, los cuerpos arden y brillan, las montañas arrojan fuego, las cavernas de la tierra estellan y el sol se mantiene intensamente caliente y luminoso, calentando todas las cosas con su luz. Nos encontramos con poco movimiento en el mundo además del que se debe a estos principios activos, y si no fuera por estos principios activos, los cuerpos de la tierra, los cometas, el sol y todas las cosas en ellos se irían enfriando y congelando, hasta convertirse en masas inactivas; y la putrefacción, la Generación, vegetación y la Vida cesarían, y los planetas y los cometas no permanecerían en sus órbitas" (*Cuestión 31*).

En la anterior cita, Newton muestra su descontento con las limitaciones de los principios por él presentados en sus *Principios Matemáticos de Filosofía Natural* y, al mismo tiempo, su conciencia de ellas. Que Newton está plenamente consciente del alcance de su empresa, queda mostrado una vez más, en el siguiente juicio del contenido de la Primera Ley y de la *vis insita*:

La *vis inertiae* es un principio pasivo por el cual los cuerpos persisten en su movimiento o reposo, reciben un movimiento proporcional a la fuerza que lo produce y resisten, tanto como son resistidos. Por este único principio no podría nunca haber movimiento alguno en el mundo; algún otro principio era necesario para poner en movimiento los cuerpos y algún otro es necesario para conservarlo (*Cuestión 31*).

Hay poco espacio para la duda: la cita anterior presenta una evaluación más radical de la Primera Ley y de la *vis insita*. No sólo son ellas incapaces de dar cuenta de la fuente original del movimiento, sino que también son incapaces de explicar la conservación del movimiento. La realidad es mucho más rica en sus dimensiones. En consecuencia, las causas mecánicas solas son insuficientes en su intento de explicar la riqueza y complejidad de la realidad, según podría decirlo Newton.

En su evaluación del alcance de la Primera Ley, Newton parece estar en perfecto acuerdo con el dictum aristotélico, "omne quod movetur ab alio movetur" (128). La Primera Ley no contraviene este principio. Por el contrario, la Ley lo necesita. Y esto se explica por el hecho de que la *vis insita*, en primer lugar, no es una fuerza activa y, en segundo, es una fuerza de mantenimiento cuya acción es limitada. En este contexto, una manera de transgredir los límites —podría argüir Newton— sería argumentar contra la propia posibilidad de una prueba cosmológica del primer motor basando el argumento en una extrapolación de la Ley, al decir que "...la Primera Ley es propuesta como axioma de la existencia de subsistencias físicas..." (129). La Primera Ley no introduce ningún elemento de espontaneidad y, por lo tanto, de incausalidad, lo que socavaría las raíces de tal prueba. Argumentar en favor de una interpretación no causal de la Primera Ley —una interpretación que el pensamiento newtoniano no fundamenta— sin la conciencia de los idealizados que involucra sería equivalente a caer en una especie de amnesia epistemológica o, en lo que Whitehead ha llamado la Falacia de la Concretitud Desplazada. Una de las mejores evaluaciones del método fisicomatemático empleado por Newton, lo da P.D. Wightman quien nos recuerda que:

"La matemática provee, si no un lenguaje, por lo menos la sintaxis de un lenguaje en el cual las más fructíferas abstracciones derivadas de los fenómenos pueden ser expresadas y desarrolladas. Pero precisamente a causa de su inmenso poder de generar abstracciones ulteriores debe someterse a frenos y equilibrios tal como Newton... se dio

cuenta. Declarar, que la matemática fue no sólo condición necesaria, sino también la condición suficiente para la comprensión de la naturaleza, es dotar a un instrumento sumamente bello con el poder de la tiranía" (130).

Es de vital importancia mantener la conciencia de los límites con el fin de evitar caer en las antinomias y librarnos de pseudo-problemas. Por lo tanto, en un contexto newtoniano, la búsqueda de las causas primarias y más abarcadoras no se descarta como un sin sentido. Por el contrario, la gran cantidad de manuscritos en relación con la alquimia (131) muestra el interés de Newton en descubrir la naturaleza de los principios activos. Ahora bien, estos principios activos apuntan un reino diferente del de los principios mecánicos activos: "Ellos están unidos directamente con una actividad ontológicamente superior en el reino espiritual, en el pensamiento y voluntad de Dios y el hombre" (132). La causa primera y primordial es, ciertamente, no mecánica.

En este punto la siguiente pregunta debe ser formulada: ¿Es Dios una figura accidental del sistema newtoniano? No lo creemos. Asegurar que Dios es una adición fortuita al sistema newtoniano, es argüir contra el verdadero espíritu del pensamiento newtoniano. Un asunto que debe tenerse presente es que para los pensadores del siglo XVII, Dios es la piedra angular, un elemento fundamental de la estructura o trama de la realidad. Dios, de acuerdo con Newton, no es ni una vana hipótesis —como Laplace acostumbraba decir— ni una idea de la razón pura —al estilo de Kant—. Es algo completamente diferente que Dios fuera subsiguientemente interpretado de esa manera. Pero para Newton, el hablar de Dios "a partir de las apariencias ciertamente pertenece a la Filosofía Natural" (*Escolio General*). Esto nos da una prueba más de la posición de Newton respecto al alcance de la Primera Ley y también muestra cómo Newton rechaza cualquier pretensión en contra de una prueba cosmológica de Dios basada en la Primera Ley. Hemos hecho hincapié, quizás hasta el extremo, sobre la conciencia de Newton respecto de los límites de su planteamiento físico-matemático. Newton fue consciente del peligro de generar más abstracciones y del peligro de rendir tributo a su tiranía. Pero también se dio cuenta de la complejidad de la unión del reino natural con el espiritual, y esta actitud explica por qué la interacción e interrelación entre estos dos reinos no fue nunca establecida de modo definido y definitivo. No obstante, el intento de establecer el

vínculo entre estas dos esferas de la realidad no se desprecia ni, consecuentemente, se confina al reino de los sinsentidos o de los absurdos. En este respecto Gabbey ofrece el siguiente comentario aclarador:

"Las relaciones precisas entre la Voluntad Divina, las fuerzas activas y el mundo empírico con sus fuerzas pasivas y leyes nunca recibieron una exposición clara y sistemática en los escritos de Newton —un reflejo de su planteamiento 'abierto' en áreas donde la verdad era difícil de encontrar y reconocer. Pero por lo menos puede decirse que para Newton los principios activos son manifestaciones de la acción de Dios y revelan por tanto, en algún sentido, el verdadero origen de la causalidad" (133).

Conclusiones

Newton muestra como una ciencia fisicomatemática es únicamente una perspectiva sobre la realidad, que no agota la riqueza de lo real. De acuerdo con ello, hay aún problemas físicos cuyas soluciones deben buscarse. Hay en Newton, sin embargo, el reconocimiento explícito de que tales asuntos no pueden ser respondidos en términos fisicomatemáticos. El supo, por ejemplo, de la incompetencia de su método para determinar la causa del movimiento o la causa de la gravitación. Aún más, no es ajena al pensamiento de Newton, la investigación de las causas, como lo muestran las *Regulae Philosophandi*. Newton consideró su método fisicomatemático como un medio para ulteriores investigaciones y estuvo consciente de que la expansión de nuestros horizontes de comprensión se efectúa en forma de proceso y que la realidad plantea sus propias condiciones. Sobre la base de este hecho, podemos decir que nuestros proyectos de comprensión no son una mera arbitrariedad: nuestros problemas o preguntas son, en algún grado, sugeridos por la realidad; como dice Bachelard: "...la realidad se manifiesta en su función esencial: hacer pensar" (134). Pero la realidad rechaza los intentos de sobre simplificación. La Primera Ley del Movimiento da un buen ejemplo de cómo la realidad desafía cualquier proceso de sobresimplificación.

Hemos examinado los elementos principales o rasgos concernientes a la Primera Ley del Movimiento, elementos que nos muestran el ámbito conceptual y el alcance de aplicabilidad de tal ley. Por hacerlo, estamos ahora en posición de juzgar la validez de la interpretación-del-movimiento-estado y de dar respuestas a las preguntas originadas en el

principio de este trabajo. La interpretación del movimiento-estado afirma que el reposo y el movimiento rectilíneo son estados equivalentes debido a su carácter de ser autoexplicativos, o sea, que no requieren de causa alguna en cuyos términos puedan ser explicados. Sin embargo, las pruebas textuales y conceptuales que hemos suministrado, señalan definitivamente en dirección contraria a aquella argumentada por quienes sostienen la interpretación-del-movimiento-estado. Respecto de Descartes, hemos mostrado en el capítulo primero, cómo el pensamiento cartesiano no permite una explicación no causal del movimiento y del reposo. De hecho, el análisis de Descartes se hace desde una perspectiva causal. Argumentar de otra manera es violentar el espíritu y la letra del pensamiento cartesiano y esto sólo puede hacerse, si se pasa por alto el contexto en el que se inserta el análisis cartesiano. En resumen, Descartes no da indicios de apoyar una comprensión no causal del movimiento y del reposo: Tal posibilidad es excluida por su física y su metafísica. Aún más, es verdad que el movimiento y el reposo llegan a ser estados equivalentes: pero se debe a razones completamente diferentes; esto es, son estados equivalentes porque ambos son explicados causalmente.

En cuanto a Newton, hemos mostrado cómo la Primera Ley del Movimiento presenta una descripción abstracta de cuestiones de hecho que trata más con una idealización de la realidad que con la propia realidad. Este hecho hace que nos demos cuenta que se renuncia a características importantes de la realidad. Pero aún en este nivel de abstracción está presente una importante dimen-

sión del enfoque newtoniano, a saber, que las consideraciones causales del movimiento uniforme y rectilíneo no se ven excluidas. Si tal movimiento tuviera lugar en el mundo real, se requeriría a fortiori de una causa. Por lo tanto, en un contexto newtoniano se ve completamente excluida cualquier posibilidad de interpretación no causal de la Primera Ley. El estado de cosas descrito por la Primera Ley, visto desde cualquier perspectiva, está causalmente explicado. Así, la equivalencia del movimiento rectilíneo uniforme y el reposo, está nuevamente fundamentada en terrenos distintos: no es la exclusión de las consideraciones causales lo que posibilita su equivalencia, sino, por el contrario, es precisamente la inclusión de tales consideraciones las que garantizan que el movimiento rectilíneo y uniforme y el reposo sean equivalentes. El curso de las anteriores reflexiones demuestra el ámbito en el que la interpretación del movimiento estado está expuesta a objeciones y también, cómo muchos pensadores contemporáneos han errado respecto del significado ontológico de la Primera Ley de Newton. Al hacerlo, han realizado interpretaciones de los respectivos análisis del movimiento en Descartes y Newton sin fundamentarlos en los sistemas de cada uno de estos pensadores. En el mejor de los casos, la interpretación-del-movimiento-estado es una imposición sobre el pensamiento de ambos autores; en el peor, es una distorsión de las visiones propuestas por Descartes y Newton. Si prestamos atención al espíritu y la letra de los escritos de ambos pensadores, tenemos que concluir que nada puede ser más ajeno a ellos que conferir una perspectiva no causal a su análisis del movimiento.

NOTAS

(1) Herivel, John. *The Background to Newton's 'Principia'*. (Oxford: Clarendon Press, 1965), p. 42.

(2) Westfall, Richard S. *Force in Newton's Physics*. (New York: American Elsevier Co., 1971), p. 346.

(3) Cohen, Bernard. "Quantum in se est: Newton, Kepler, Galileo, Descartes an Lucretius"; en *Proceedings of the American Catholic Philosophical Association* 38 (1964): 36.

(4) *Ibid.*, p. 37.

(5) *Ibid.*, p. 39.

(6) Meyerson, Emile. *Identity and Reality*, trad. Kate Lowenberg, (New York, Macmillan Co., 1930), p. 145.

(7) *Ibid.*, p. 146.

(8) Bunge, Mario. *Causality* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1959), p. 110.

(9) Capeck, Milic. *El Impacto Filosófico de la Física Contemporánea*, trad. Eduardo Gallardo (Madrid: Editorial Tecnos, 1970), p. 88-91.

(10) Koyré, Alexandre. *Newtonian Studies*, (Chicago: The University of Chicago Press., 1965) p. 67.

(11) Gabbey, Alan. "Concepts of force", review of *Force in Newton's Physics*, de Richard S. Westfall, en *Science* 176 (1972): 158.

(12) Descartes, René. *Le Monde, Oeuvres*, XI, No. 40, citado en Koyré, *Newtonian Studies*, p. 72.

(13) Descartes, René. *The Philosophical Works of Descartes*, Trad. E. S. Haldane y G. R. T. Ross (Cambridge: At the University Press, 1911), 1:222.

(14) Idem, Descartes: *Philosophical Writings*, ed. N. K. Smith (New York: Modern library, 1958), p. 66.

- (15) Idem, *Descartes Lettres*, ed. Michel Alexandre (París: Presses Universitaires de France, 1964), p. 56.
- (16) Descartes, René. *Descartes: Philosophical Writings*, p. 66 n.
- (17) Idem, *Principles of Philosophy*, Trad. de Giorgio de Santillana, (apuntes de clase M.I.T., no publicados), Principle XXIV part. 2.
- (18) *Ibid.*; Principle XXV.
- (19) Kemp, Smith Norman. *New Studies in the Philosophy of Descartes*, (London: Macmillan and Co., 1952), p. 199.
- (20) Herivel, *Background to Newton's 'Principia'*, p. 227. Se podría decir, sin embargo, que la definición de Newton es tan problemática como la de Descartes.
- (21) Descartes, *The Philosophical Works of Descartes*, p. 247.
- (22) Idem, *Principles of Philosophy*, Principle XXV, part. 2.
- (23) *Ibid.*
- (24) Cf. Buchdahl, Gerd. "The Relevance of Descartes' Philosophy", *British Journal for the History of Science* 1 (1963): 238; ver también su *Metaphysics and the Philosophy of Science*, (Oxford: Basil Blackwell, 1969) p. 153.
- (25) Westfall, *Force in Newton's Physics*, p. 62.
- (26) Buchdahl, *Metaphysics and the Philosophy of Science*, p. 153.
- (27) Descartes, *Principles of Philosophy*, Principle XXXVII, part. 2
- (28) *Ibid.* Principle XXXVI, part. 2.
- (29) Wallace, William A. *Causality and Scientific Explanation*, (Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1974), 2:16.
- (30) Gabbey, Alan. "Force and Inertia in Seventeenth-Century— Dynamics", *Studies in History and Philosophy of Science* 2 (1971), 56-57.
- (31) Cf. Koyré, Alexandre. *La Revolution Astronomique* (París: Hermann, 1961), p. 406.
- (32) *Ibid.*, pp. 196 y 203.
- (33) Buchdahl, "The relevance of Descartes' Philosophy", p. 236.
- (34) Koyré. *Newtonian Studies*, p. 73
- (35) Descartes, *Principles of Philosophy*, Principle XXXVIII; Algo que podría señalarse aquí es el hecho de que Descartes piensa que las causas externas explican los cambios de estado; esto es, del reposo al movimiento, o del movimiento al reposo. Pero su concepto no es lo suficientemente amplio para introducir cambios de aceleración como cambios de estado.
- (36) *Ibid.*
- (37) *Ibid.*, Principle XLIII, part. 2.
- (38) Ver Gabbey, "Force and Inertia in Seventeenth-Century Dynamics", págs. 8-9.
- (39) *Ibid.*, págs. 62-65.
- (40) Buchdahl, "The relevance of Descartes' Philosophy", p. 235.
- (41) Descartes, *Principles of Philosophy*, p. 275.
- (42) Ver Koyré, *Newtonian Studies*, p. 74.
- (43) Descartes, *Principles of Philosophy*, Principle XLII.
- (44) Gabbey, "Force and Inertia in Seventeenth-Century Dynamics", p. 62.
- (45) Ellis, Brian, "The Origin and Nature of Newton's Laws of Motion", en *Beyond the Edge of Certainty*, ed. R. G. Colodny. (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall, 1965), p. 35.
- (46) Buchdahl, "The Relevance of Descartes' Philosophy", p. 238.
- (47) Descartes, *Principles of Philosophy*, Principles XXXIII y XXIX, part. 2.
- (48) Gabbey, "Force and Inertia in Seventeenth-Century Dynamics", p. 57.
- (49) *Ibid.*, págs. 62 y 64.
- (50) Newton, Isaac, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Trad. A. Motte y ed. F. Cajon (Berkeley: University of California Press, 1934), p. 21.
- (51) Véase, Ramírez E. R. "Galileo y el Principio de Inercia", *Revista de Filosofía de la Universidad de Costa Rica*, N. 45; Enero-junio de 1979; págs. 31-36.
- (52) Herivel, *Background to Newton's Principia*, págs. 35-41.
- (53) Cohen, Bernard I. "Newton's Theory vs. Kepler's Theory and Galileo's Theory", en *The Interaction Between Science and Philosophy*, ed. Yehuda Elkana (Atlantic Highlands, N. J.: Humanities Press, 1974), p. 328.
- (54) Cohen, "Quantum in se est", p. 39.
- (55) Gabbey, "Force and Inertia", págs. 50-57.
- (56) Herivel, *Background to Newton's Principia*, p. 141.
- (57) *Ibid.*, p. 50.
- (58) *Ibid.*, p. 153.
- (59) *Ibid.*, p. 50. Para más detalles respecto del debate intelectual de Newton con Descartes, véase también, Koyré, *Newtonian-studies*, págs. 66-72 y Bernard Cohen, "Quantum in se est: Newton's concept of inertia in Relation to Descartes and Lucretius" *Notes and Records of the Royal Society of London*, 19 (1954): 131-55.
- (60) Hall, A. R. y Hall, M. B. *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton* (Cambridge: At the Cambridge University Press, 1962), págs. 309-11.
- (61) *Ibid.*, p. 309.
- (62) Herivel, *Background to Newton's Principia*, p. 42.
- (63) Seeger, Raymond J. "On Understanding Physical Phenomena", *Proceedings of the American Catholic Philosophical Association* 38 (1964): 51.
- (64) Herivel, *Background to Newton's Principia*, p. 154.
- (65) *Ibid.*, p. 156.
- (66) *Ibid.*, p. 224.
- (67) *Ibid.*, p. 231.
- (68) *Ibid.*, p. 246.
- (69) En Cohen, Bernard I. *Introduction to Newton's Principia* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971), p. 71, encontramos "'vis insita' o 'vis insita materiae' es un concepto difícil de traducir. Su significado puede ser "implantado" o "insertado"; normalmente podría ser traducido por "injertado". Pero Newton no se refería a un acto de poner este "poder" a la materia: más bien usaba la forma derivada de "Naturalmente innato" y, aquí, 'innato' y 'natural' usados como en el Latín Clásico. Así, la vis insita de Newton, está necesariamente presente en un cuerpo, desde el pasado hasta el futuro, infinitamente, y así es casi una 'Fuerza inmanente'".
- (70) Herivel. *Background to Newton's Principia*, p 277.

- (71) *Ibid.*, p. 227.
- (72) Esta situación puede ser interpretada causalmente, esto es, la remoción de las fuerzas opuestas —si se satisfacen las condiciones— puede ser tomada como una causa entendida negativamente, como una condición necesaria para que movimiento uniforme y rectilíneo suceda. En otras palabras, dándose todas las condiciones, la vis insita es suficiente para dar cuenta de tal movimiento.
- (73) Shapere, Dudley. *Galileo* (Chicago: The University of Chicago Press, 1964), p. 148.
- (74) Cf. Whitrow, G. J. "The Laws of Motion", *British Journal for the History of Science* 19 (1971): 225.
- (75) Herivel, *Background to Newton's Principia*, p. 311.
- (76) *Ibid.*, p. 320.
- (77) *Ibid.*, p. 311.
- (78) *Ibid.*, p. 318.
- (79) Cf. *Ibid.*, p. 28.
- (80) Jammer, Max. *Concepts of Force*, (New York: Harper Torchbooks, 1957), p. 71.
- (81) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, p. 2.
- (82) Gabbey, "Force and Inertia". Gabbey sugiere que este desarrollo surge de la crítica y la profundización de los conceptos de fuerza de Descartes.
- (83) *Ibid.*, p. 41.
- (84) Cohen, "Quantum in se est", p. 42.
- (85) Gabbey, "Force and Inertia", págs. 41-42.
- (86) Herivel, *Background to Newton's Principia*, p. 28.
- (87) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, p. 399.
- (88) Dijksterhuis, E. J. "The origins of Classical Mechanics from Aristotle to Newton", en *Critical Problems in the History of Science*, ed. M. Clagett (Madison: University of Wisconsin Press, 1959), p. 175.
- (89) Gabbey, "Concepts of Force", p. 158.
- (90) Esto es, no existe dificultad con la forma en que la Ley es formulada. Hay dificultades, sin embargo, con los ejemplos de la Ley que acompañan su formulación. Cohen trata este importante asunto en "Newton's Second Law and the Concept of Force in the *Principia*", *Texas Quarterly* 10 (1967): 132. Escribe lo siguiente: "Estos ejemplos de trompos en movimiento (y del movimiento 'progresivo y circular' de planetas y cometas) para ilustrar la inercia lineal es, para decir poco, sorprendente. Pero Newton no adopta la posición Galileana de la inercia circular; todo lo contrario. El movimiento circular o cualquier movimiento curvilíneo, es inercial en la física de Newton, sólo en la medida en que es una combinación de dos componentes, uno de los cuales es un movimiento inercial tangencial continuo y, el otro, es un movimiento constantemente acelerado causado por una fuerza que hace que el móvil cambie su trayectoria lineal para seguir una trayectoria curva".
- (91) Berkeley, George. *Berkeley Philosophical Writings*, ed. David M. Armstrong (London: Collier-Macmillan Ltd., 1965), p. 260.
- (92) *Ibid.*, p. 265.
- (93) North, Whitehead Alfred. *Science and the Modern World* (New York: The Free Press, 1953), p. 46.
- (94) Ver Weshepel, James A. *The Development of Physical Theory in the Middle Ages* (Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1959), p. 85.
- (95) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, págs. XVII - XVIII.
- (96) *Ibid.*, p. 7.
- (97) Wallace, William A. "Newtonian antinomies Against the Primavia", *The Thomist* 19 (1956): 160.
- (98) Gabbey, "Force and Inertia", p. 2.
- (99) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, p. 44.
- (100) Feehan, T. D. "Motion, Laws of", en *New Catholic Encyclopedia*.
- (101) Neston. *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, p. 3.
- (102) Wallace, *Newtonian Antinomies*", p. 13.
- (103) En Hall y Hall, *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*, p. 121, encontramos: "Es apropiado tratar la ciencia de la gravedad y del equilibrio de los fluidos y los cuerpos sólidos en fluidos por dos métodos. En el grado en que pertenece a las ciencias matemáticas es razonable que yo haga, en gran parte, abstracción de las consideraciones físicas. Y por esta razón he emprendido la demostración de las proposiciones individuales desde principios abstractos, suficientemente bien conocidos del estudiante, estricta y geoméricamente. Ya que esta doctrina, puede juzgarse que es semejante a la Filosofía Natural, en la medida en que puede ser aplicada para aclarar muchos fenómenos de la filosofía natural y para que, además, su utilidad pueda ser particularmente clara y la certeza de sus principios, quizá confirmados, no me mostraré reacio a ilustrar las proposiciones con abundantes experimentos, en tal forma, sin embargo, que este método más libre de discusión no se confunda con el anterior dispuesto en escolios, Lemas, proposiciones y corolarios".
- (104) Wallace, "Newtonian Antinomies", p. 178.
- (105) *Background to Newton's Principia*, p. 277.
- (106) *Ibid.*, p. 299.
- (107) Wallace, "Newtonian Antinomies", p. 178.
- (108) Koyré, *Newtonian Studies*, p. 10.
- (109) Losse, John. *A Historical Introduction to the Philosophy of Science* (New York: Oxford University Press, 1972), p. 84.
- (110) Russel, Hanson Norwood. "The Law of Inertia: A Philosopher's Touchstone", *Philosophy of Science* 30 (1963): 112.
- (111) Berkeley, *Philosophical Writings*, p. 59.
- (112) Wallace, "Newtonian Antinomies", ps. 179-180.
- (113) Harrow, Benjamín. *From Newton to Einstein* (New York: Van Nostrand Company, 1920), p. 18.
- (114) Hanson, "The Law of Inertiae", p. 119.
- (115) Ver I. Cohen, Bernard. *El Nacimiento de una Nueva Física*, Trad. Luis Fabricant (Buenos Aires: Eudeba, 1970), p. 190.
- (116) Bachelard, Gaston, *Le Nouvel Esprit Scientifique* (París: Presses Universitaires de France, 1964), p. 14.
- (117) Gabbey, "Force and Inertia", págs. 65-66.
- (118) Wallace, "Newtonian Antinomies", p. 180.
- (119) Fitzgerald, Desmond J. "The Problem of the Projectile Again". *Proceedings of the Catholic Philosophical Association* 38 - (1964): 197.
- (120) ¿Hay algún sentido en el cual la Primera Ley es

verdadera? Se da el caso que la Primera Ley, "cuando se une con un conjunto de otros supuestos físicos, tiene consecuencias que son contrastables". En este sentido, la verdad de la Ley es "análoga al sentido en que la Ley de los Gases Ideales es verdadero, o en las Leyes de los Cuerpos Perfectamente Elásticos, Palancas Perfectamente Rígidas y los Conductores Perfectos. Ninguno de estos objetos existe, ni podrían existir. No sin trastornar otras relaciones empíricas establecidas. No obstante, la referencia a tales objetos hipotéticos aclara los cálculos formales de la teoría cinética, la mecánica, y la de los circuitos eléctricos. No describen ninguna cosa real, así que no pueden ser descripciones falsas o generalizaciones vulnerables. No obstante, tales leyes encapsulan en un patrón poderoso algorítmicamente, clases completas de relaciones formales físicamente realizadas en la Naturaleza".

(121) Buckley, Michael J. *Motion and Motion's God* (Princeton: Princeton University Press, 1971), p. 188.

(122) Ver Drake, Stillman. "Impetus Theory Reappraised", *Journal of the History of Ideas* 36 (1975): 33.

(123) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* p. 2.

(124) Debido a estos diferentes valores, Wallace arguye que el movimiento rectilíneo y uniforme no es un movimiento natural, sino más bien, un movimiento obligado: "El movimiento inercial no se origina desde dentro, sino desde fuera. No es espontáneo, sino inicial-

mente forzado y lento. No es uniforme en su acción; un mismo proyectil puede ser lanzado con rapidez o lentamente..." ("Newtonian Antinomies", p. 182).

(125) Gabbey, "Force and Inertia", p. 35.

(126) Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, p. 544.

(127) Buckley, *Motion and Motion's God*, p. 196.

(128) Para una mayor explicación de este principio, ver a James A. Wesheipl, "The principle Omne quod movetur ab alio movetur in Medieval Physics", *Isis* 56 (1965): 26-46.

(129) Körner, Stephan. *Fundamental Questions in Philosophy* (Gran Bretaña: Penguin University Books, 1969), p. 183.

(13) Wightman, William P. D. "The Tyranny of Abstractions", *British Journal for the History of Science* 6 (1973): 239.

(131) Ver Westfall, Richard S. "The Role of Alchemy in Newton's Career", en *Reason and Mysticism in the Scientific Revolution*, Ed. M. L. Righini Bonelli and William R. Shea (New York: Science History Publications, 1975) págs. 189-232.

(132) Gabbey, "Force and Inertia", p. 13.

(133) *Ibid.*, págs. 13-14.

(134) Bachelard, *Le Nouvel Esprit Scientifique*, p. 9.