

La dinámica sustancial de Leibniz

Francisco Javier Luna Leal. Universidad Autónoma Metropolitana (México)

lechuza@unam.mx

Resumen

El problema del movimiento es uno de los puntos nodales de la creación de una nueva filosofía de la naturaleza. Para Leibniz significó el punto de anclaje para superar el mecanicismo cartesiano y rehabilitar la noción aristotélica de *entelequia* como un concepto capaz de ofrecer una explicación de la actividad más íntima de la materia. El presente artículo busca analizar la construcción del concepto de movimiento y su relación con la sustancia, comenzando desde la influencia de Huygens hasta los escritos de Leibniz donde consolida la nueva ciencia de la dinámica.

Palabras-clave: fuerza; dinámica; mecanicismo; movimiento; sustancia.

Abstract

Leibniz's substantial dynamics

The problem of motion is one of the most important fundaments for the creation of the new physics. For Leibniz, it was the starting point to disregard the Cartesian mechanistic philosophy and to reinstate Aristotle's notion of *entelechia* as a concept that could explain the most intimate activity of matter. The present paper aims to analyze the development of the concept of motion and its relationship to the notion of substance, using Leibniz' works under Huygens mentoring to begin, and moving on to the publication of Leibniz' works in which he consolidates the new science of dynamics.

Key-words: force; dynamics; mechanistic; motion; substance.



eikasía

La dinámica sustancial de Leibniz

Francisco Javier Luna Leal. Universidad Autónoma Metropolitana (México)
lechuza@unam.mx

I. El movimiento y la investigación de la naturaleza

Comprendo que les parezca más importante descubrir la naturaleza íntima de la substancia que medir las fuerzas de los cuerpos. Pero es justamente esta medida de las fuerzas la que prepara nuestra mente a fin de poder soportar esa otra luz más intensa, que ofusca como en densa niebla los ojos de quienes se han habituado a las nociones vulgares y cartesianas sobre la naturaleza de la materia, del movimiento y de las fuerzas. (Carta de Leibniz a Bernoulli del 11 de septiembre de 1699)

El trabajo de Leibniz sobre el movimiento no surge como una ocurrencia pasajera, sino que es un elemento presente desde sus primeras reflexiones sobre la naturaleza. Dentro de su proyecto general de hacer compatible la filosofía antigua con la moderna, el tema del movimiento aparece salpicando las hojas desde sus primeros escritos filosóficos. En dos tratados tempranos, *Theoria motus concreti* (*Hypothesis physica nova*) y *Theoria motus abstracti*, ambos de 1671, Leibniz reconoce la necesidad de un análisis abstracto desde la matemática para comprender el movimiento, pero a su vez advierte que la física no se puede explicar sólo desde nociones abstractas. La división en sí no es realmente original, pero el desarrollo adelanta algunas ideas interesantes de su dinámica (Duchesneau, 1989: 153-154). Leibniz parte de la convicción de que el movimiento es un continuo sin partes y que es imposible que algo pase desde la nada hacia el ser. Para explicar el movimiento desde estas bases, Leibniz retoma la noción de *conatus* de Hobbes para el instante del inicio y el final¹ y la idea de indivisibles de Cavalieri para salvar el problema del

¹ “Conatus est ad motum, tu punctum ad spatium, seu ut unum ad infinitum, est enim initium finisque motus” *Theoria motus abstracti* en Leibniz, *Mathematische Schriften* [citado en adelante como

continuo²; postula además, de forma muy griega, que todo movimiento es provocado por la mente, idea además en plena consonancia con su proyecto de rescatar la noción de *entelechia* o forma sustancial de Aristóteles (GM, VI: 48). Finalmente el joven filósofo piensa en ese momento que el movimiento es mantenido por la creación continua de dios (Leibniz, GM III-2: 48), cuestión que después rechazará de forma tajante.³

Estos primeros desarrollos del joven Leibniz son indudablemente interesantes; sin embargo, mantienen un estilo escolástico y son casi exclusivamente especulativos, avanzando muy poco en la creación de una nueva física. El giro hacia el estudio de la naturaleza, que construya sobre los fundamentos modernos de la cinemática galileana, no se da realmente hasta que Leibniz entró en contacto con el mundo intelectual de París y Londres. Como afirma Tzuchien Tho, “the cliché that Paris would change everything for Leibniz is certainly true” (2017: 6). El estudio intensivo de Leibniz bajo la tutela de Christiaan Huygens lo proyectó hacia la vanguardia de la investigación en matemática, filosofía y de ciencia en general. Pero el propio Huygens contribuyó no sólo con guiar a Leibniz en la lectura de las obras de los modernos, sino también al mostrarle su propia forma de investigar la naturaleza. Huygens se caracterizó por abordar de forma combinada la teoría especulativa y el resultado práctico, y, se puede decir, que le hereda este estilo a Leibniz.

A Huygens le apasionaba comprender y ofrecer explicaciones, pero también producir resultados concretos para los problemas de su época. Esta mezcla peculiar de teoría y práctica, le hizo varias veces seguir un camino largo e incluso tortuoso, pues deseaba ofrecer una teoría coherente y aplicaciones para la misma. El trabajo sobre la luz de Huygens es quizás el mejor ejemplo de ese peculiar estilo de

GM] VI: 68. “Conatus [el ímpetu] es para el movimiento, como el punto al espacio o como la unidad al infinito, es en verdad el inicio y el final del movimiento.”

² “Punctum non est, cujus pars nulla est, nec cujus pars non consideratur (...) cujus magnitudo est inconsiderabilis, inassignabilis, minor quam quae ratione, (...) minor quam quae dari potest, atque hoc est fundamentum Methodi Cavalariana” GM, VI: 68. “Un punto no es una parte nula, ni una parte que no se considera (...) es una magnitud incosiderable, inassignable, menor que aquella razón, (...) que puede ser dada; éste es el fundamento del método de Cavalieri.” Si no se indica otra cosa las traducciones son mías.

³La oposición de Leibniz al ocasionalismo, representaba para su sistema ya maduro una necesidad profunda, pues como explicó Eileen O’Neil “Leibniz believed that at the most fundamental metaphysical level -that of simple unities or substances- there were only two intelligible models of change: his and the system of occasionalism.” [Nedler, 1993: 55].

investigación. Comenzó éste como un modesto estudio de óptica geométrica en 1652, al descubrir un contraejemplo para un postulado de la *Óptica* (1637) de Descartes. Pero en lugar de apresurarse a publicar la corrección, Huygens esperó hasta intentar aplicar su teoría al mejoramiento de las lentes para telescopios para evitar aberraciones. Sin embargo, y pese a los esfuerzos de los artesanos, dicha mejora no llegaba. Durante ese largo lapso de espera, el matemático inglés Issac Barrow alcanzó de forma independiente varios de los resultados geométricos de Huygens y los publicó en sus *Lectiones Opticae et Geometricae* (1670). Finalmente, el trabajo de Newton sobre la luz de 1672 desfondó el esfuerzo de Huygens e hizo prácticamente irrelevante seguir con el tema. Newton demostró que la luz blanca está formada por los distintos colores con ligeras variaciones en sus ángulos de refracción por lo que es imposible congregarse a todos ellos en el mismo punto por medio de lentes.

Pese a perder el reconocimiento por los hallazgos y que su objetivo más alto quedó desfondado, Huygens redactó un nuevo escrito con los aportes que aún eran rescatables de su investigación. Pero de nueva cuenta algo pasó por el camino, Huygens se encontró con un enigma que la teoría general de la luz de su época no podía responder. El problema en cuestión era un extraño cristal de Islandia, el espato, que producía una doble refracción de un haz de luz, pero cuyos rayos resultantes no podían volverse a duplicar. El fenómeno era ciertamente misterioso pero nada parecía tener que ver con mejorar telescopios. Lo extraordinario del asunto fue que, en lugar de señalarla como una curiosidad, Huygens reconoce que la teoría de la luz aceptada no podía explicar el fenómeno. Así, casi por accidente, el holandés desmonta y reconstruye la teoría sobre la naturaleza de la luz, sólo para intentar enmarcar un fenómeno en apariencia marginal. Es fascinante no sólo ese empeño, sino el camino para lograrlo, pues Huygens fue más allá del fenómeno y de la matemática que lo describía para después recuperarlas de una manera más profunda. El holandés postuló un éter intangible y un movimiento ondulatorio de la luz por ese medio, adentrándose así en un terreno absolutamente especulativo, como explica David Blanco:

Para pasar de la geometría a sus causas, no queda más remedio que internarse en un ámbito inaccesible. En cierto sentido, se trata de un espacio mental que adquiere forma a base de conjeturas. La única guía se encuentra en la confrontación de las predicciones observables

de cada modelo microscópico (a las que se llega a través de una concatenación lógica de razonamientos, que parte de elementos inaprensibles) con la realidad que definen los experimentos. Este nivel superior de abstracción, que exige un esfuerzo adicional de la imaginación, es un terreno muy cartesiano en el que Newton no se sentía tan cómodo. ¿Existen los átomos de Demócrito? ¿Los vórtices cartesianos? ¿Existen las partículas de éter que postulará Huygens? ¿Existen los quarks? (Blanco, 2015)

La atención al detalle, el respeto por el fenómeno aún por encima de la búsqueda de resultados inmediatamente aplicables y una imaginación que no se doblega ante la autoridad de lo comúnmente aceptado, son las características más notables de esa forma de proceder de Huygens. Esta filosofía de la naturaleza se mantiene en una tensión permanente entre un inviolable empirismo y un racionalismo iconoclasta cuyo fin es postular las condiciones mínimas y coherentes para que la multiplicidad de fenómenos conocidos caigan dentro del mismo marco teórico. Contrariamente al mecanicismo cartesiano que permite disociar ambas esferas, Huygens, y después Leibniz, las harán avanzar de forma siempre paralela. Así, José Gaos nombra a la filosofía de Huygens como *mecanicismo metafenoménico*:

Ahora bien ¿qué es lo hecho por Huygens? Para salvar ciertos fenómenos [el modo en que viaja la luz], imaginar y concebir la semejanza de otros fenómenos, un ente [una sustancia de dureza perfecta] y un movimiento [una elasticidad tan rápida como gustemos] de él que ya no son fenómenos -ni quizá puedan llegar a serlo [...] Por ello, si pudo caracterizarse la concepción newtoniana como un mecanicismo fenoménico, por comparación y contraste debe caracterizarse una como la de Huygens, de mecanicismo metafenoménico. (Gaos, 1992: 178)

Huygens imaginó la luz como una onda que avanza por un éter invisible. Con ello no sólo intentaba explicar los fenómenos de la luz conocidos en su época, sino que se adentró en la naturaleza misma de la propia luz. Como señala Gaos, la idea de la luz como onda rebasaba lo estrictamente verificable por medio de la observación. Esta idea va más allá de lo que se percibe del mundo material y se sumerge en el reino de la metafísica. Esa ansia por llegar a la verdad de la naturaleza, y no sólo a una posible explicación, fue un rasgo que Leibniz aprendió de Huygens. Ambos construyeron sistemas que intentaban sobrepasar lo fenoménico, aspirando a superar las sombras y tocar los rayos de la luz que se cuelan dentro de la oscura caverna de lo

perceptible. Pero el sistema de Leibniz fue increíblemente más basto que el de su mentor; además, mientras Huygens construyó sobre el mecanicismo moderno, Leibniz pronto descubrió que esa teoría, al menos como la manejaban los cartesianos, no satisfacía sus ambiciones.

De entre los postulados mecanicistas, el que más le costaba admitir a Leibniz era el concepto de *sustancia* que elaboró Descartes en sus *Principia*:

Aun cuando cualquier atributo baste para dar a conocer la sustancia, sin embargo cada sustancia posee uno que constituye su naturaleza y su esencia y del cual dependen todos los otros. A saber, la extensión tridimensional constituye la naturaleza de la sustancia corporal; el pensamiento constituye la naturaleza de la sustancia que piensa. Es así, pues todo lo que podemos atribuir al cuerpo, presupone la extensión y mantiene relación de dependencia de que es extenso (Descartes, 1995: 53, I §53)⁴.

La división tajante entre pensamiento y materia, y la posterior entre el atributo definitorio de la extensión y el movimiento y la figura, dissociaban por completo el alma del cuerpo, y esto implicaba separar el movimiento de lo movido. Según explica Montesinos, Descartes lo hace para superar de forma definitiva los restos del pensamiento mágico renacentista, interpretándolos como un lastre para el desarrollo de una física geométrica:

En la primera mitad del siglo, la extremada voluntad de Descartes de expulsar cualquier resto de vitalismo renacentista de la construcción de su Sistema del Mundo, le llevó a concebir la materia como algo inerte, sin vida, pura extensión, y en consecuencia, su Física —tratado de los seres materiales— es una geometría aplicada, con la que mediante ideas claras y distintas afronta la verdadera explicación de los fenómenos de la incierta Realidad. Y si la materia es extensión y todo lo extenso es materia más o menos sutil, entonces no existe el vacío y el espacio cartesiano es un Pleno. (Montesinos, 2009 : 97)

⁴“Mais, encore que chaque attribut soit suffisant pour faire connaître la substance, il y en a toutefois un en chacune, qui constituë sa nature & son essence, & de qui tous les autres dépendent. A savoir l'étenduë en longueur, largeur & profondeur, constituë la nature de la substance corporelle ; & la pensée constituë la nature de la substance qui pense. Car tout ce que d'ailleurs on peut attribuer au corps, presupose de l'étenduë, & n'est qu'une dépendance de ce qui est étendu”, Descartes, 1897-1909: 53, §53.

Ciertamente el intento fue exitoso, pues las nociones vitalistas caerán en el descrédito, pero también es cierto que el nuevo mundo físico cartesiano es en extremo pobre. Descartes concibe a la materia como extensión, como el aquello que se extiende por las tres dimensiones del espacio, y que en última instancia es el mismo espacio.⁵ De ese modo, el francés expulsa del mundo todo vacío y todo principio vital. Así, nociones como el *anima mundi* de Bruno o la *vis motrix* de Kepler, ni siquiera son consideradas como una posibilidad de explicación. Al hacer esto, la propia idea de *fuerza* se convierte en algo pasivo, relacionado sólo con la resistencia propia de los cuerpos y no conlleva movimiento, sea en acto o en potencia (Manchak, 2009: 296). Descartes reduce así la realidad física únicamente a dos conceptos: lo extenso y el movimiento. Pero hasta el movimiento es una afección rara dentro del sistema.⁶ El movimiento no surge de la materia, sino que la acompaña, se imprime en ella, sin alterarla internamente, sólo de forma externa. En ese sentido, el movimiento viene desde algo externo al mundo material, es ahí donde Descartes hace entrar a Dios como complemento de su física, pues primero el movimiento tiene que ser impreso en el mundo en sus orígenes y después debe ser conservado eternamente.

La primera causa del movimiento, me parece que es evidente que no es otra que Dios, quien en razón de su Omnipotencia ha creado la materia con el movimiento y con el reposo y que ahora conserva en el universo, median te su concurso ordinario, tanto movimiento y reposo como el producido al crearlo. (Descartes, 1995: 96, II §36)

Para conseguir conservar el movimiento, Descartes postula una ley de la conservación del movimiento, y da como ejemplo las cinco máquinas simples: plano

⁵ “[Descartes considera] que no existe espacio fuera del universo o espacio externo, coincidiendo en esto con la tradición aristotélica, y de establecer que el espacio siempre es interno, esto es, coincide con la cantidad o medidas volumétricas de los cuerpos, en suma que espacio y materia no se pueden dissociar, Descartes endurece la teoría aristotélica proponiendo que solo la extensión y sus modos, tamaño, figura, volumen, etc. son sustantes ontológicamente. Con lo anterior, pretende sentar las bases de un conocimiento inteligible y racional del universo y, por supuesto, considerado como la (mica fuente de explicación de todos los fenómenos del mundo natural.” Benítez, 2000: 177.

⁶ Como dice Juan Arana: “La empresa [de Descartes] es extraordinariamente ambiciosa, y más aún si se tiene en cuenta que no pueden ser mezclados entre sí de un modo demasiado íntimo...pues el movimiento es inherente a la materia, pero no se funde con ella; casi se puede decir que es un accidente 'en' la materia, y no 'de' la materia”, Leibniz: 1991: XVI.

inclinado, cuña, tornillo, palanca y rueda. En estas máquinas efectivamente existe una equivalencia directa entre la velocidad (V) y distancia (d) que se aplica y la velocidad y distancia que recorre la carga al pasar por la máquina tal que $V_r : V_a :: d_r : d_a$. Esta simetría Descartes la universaliza y proclama que es un principio de equivalencia para cualquier sistema mecánico. Para el francés, la cantidad total de movimiento definida como la masa multiplicada por la celeridad debe conservarse. El problema es que fuera de las máquinas simples, en especial con las colisiones inelásticas, no se cumple el postulado. Para salvar esta supuesta ley, tanto la Royal Society como el propio Huygens, propusieron algunas reformas, como considerar la velocidad en lugar de la celeridad, para considerar así el problema desde el punto vectorial, lo cual ofrece un enfoque más amplio para tratar los choques inelásticos. Pues al producirse un choque inelástico de dos cuerpos podemos comprobar que el movimiento resultado es la suma de sus vectores de movimiento, por lo que se pueden considerar un tipo de conservación. Huygens además propuso una ley de conservación para los choques elásticos usando el concepto de *vis viva* (fuerza viva) como el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad (Solbes, 2008: 158-159).

Pese a las enmiendas, el problema seguía abierto y le interesó profundamente a Leibniz, pues creyó vislumbrar ahí un problema grave de la metafísica mecanicista. Las dificultades para salvar la postura cartesiana mostraban para Leibniz una carencia no de planteamientos particulares, sino un error de fondo de la concepción física general. A esta idea dedicó el pequeño tratado titulado *Brevis demonstratio erroris memorabilis Cartesii et aliorum circa legem naturalem, secundum quam volunt a Deo eandem semper quantitatem motus conservari, qua et in re mechanica abutuntur* (1686).⁷ Pese al enorme título, la obra es realmente concreta, pues desde las primeras líneas queda patente el problema que Leibniz encuentra:

Muchos matemáticos, al ver que la velocidad [*celeritatem*] y la masa [*molem*] se compensan entre sí en las cinco máquinas simples, deducen en general la fuerza [*vim*] motriz a partir de la cantidad de movimiento [*quantitate motus*], o bien el producto de multiplicar la masa por la velocidad. (Leibniz, 1991: 3)

⁷ En español "Breve demostración de un memorable error de Descartes y otros sobre la ley natural, por la que quieren que la cantidad de movimiento sea conservada por Dios siempre igual, de la cual abusan incluso en la mecánica." Utilizo la traducción al español de Juan Arana.

El filósofo alemán hace notar desde el inicio la dependencia de la ley de los cartesianos en el ejemplo de las máquinas simples. Para analizar si siempre se conserva el movimiento en general y no sólo en esos casos específicos, Leibniz comienza por cambiar la terminología para plantear el problema, añadiendo a los conceptos de *masa* y *celeridad/velocidad*, el concepto de *fuerza (vis)* para denotar fuerza motriz. Aunque el mismo Descartes había hablado de fuerza motriz,⁸ como se dijo arriba, el concepto estaba restringido en realidad al significado de cantidad de movimiento tomada como un magnitud escalar.⁹ Así, la fuerza motriz y cantidad de movimiento eran equivalentes y matemáticamente eran tomadas como el producto de la masa por la celeridad. En cambio, Leibniz recupera un sentido de fuerza como efecto [*effectus*], siendo éste sólo idéntico al movimiento en ciertos casos. El alemán afirmó en la *Brevis demonstratio* que son las fuerzas vivas la que se conserva en todas las acciones y no el movimiento:

Siendo acorde a la razón que la suma de la potencia motriz de la naturaleza sea la misma y que no decrezca, puesto que observamos que no se pierde ni disminuye la fuerza de ningún cuerpo sin que se transmita a otro, ya que precisamente por eso el movimiento mecánico perpetuo no se da jamás, por lo que sin un nuevo impulso exterior ninguna máquina, ni siquiera el universo entero, puede aumentar su fuerza. (Leibniz, 1991: 4)

La idea que maneja el pasaje anterior es muy simple, pues en ese momento ya se había comprobado, pese a los esfuerzos de muchos, que era imposible crear una máquina de movimiento perpetuo (o MMP).¹⁰ Sin embargo, si el movimiento se conservara en un sistema mecánico cerrado, entonces sería posible una máquina que se moviera eternamente. El error proviene para Leibniz de hacer equivalente la fuerza con cantidad de movimiento. El ejemplo que da Leibniz es bastante claro. Es evidente que elevar una masa A de peso 1 a una altura de 4 requiere la misma fuerza

⁸ Por ejemplo en: Descartes, *Principes de philosophie*, II, §43, y también *Descartes a Huygens*, 5-X-1603 [Roux, 2007: 11].

⁹ Newton en sus *Principia*, II, cuantificará el movimiento como un vector, tomando en cuenta dirección y sentido. Sin embargo, Leibniz ocupa la versión de Descartes pues su polémica va dirigida esencialmente a los cartesianos.

¹⁰ Al respecto: Henry Dircks, *Perpetuum Mobile; or, search for self-motive power during the 17th, 18th and 19 Centuries*, 1861.

que elevar un masa B de peso 4 a una altura de 1. Sin embargo, al dejarlos caer, sus velocidades finales obedecen la proporción de Galileo de la raíz cuadrada de la altura. Así, si se sigue el cálculo cartesiano de masa por celeridad, con la misma fuerza se produce un efecto del doble en el primer caso de A que en el B. Esto es absurdo, la idea correcta en este caso sería calcular la fuerza con la formulación de Huygens de masa por el cuadrado de la velocidad.

En el posterior *Essay de Dynamique*, Leibniz inicia precisamente con este problema de la MMP. Al analizar el funcionamiento de una hipotética máquina, Leibniz muestra que si existe un movimiento perpetuo, la fuerza debe ser aumentada espontáneamente de forma constante. Leibniz observa que una máquina real, por ejemplo un péndulo que contenga una cuchilla para cortar, transfiere parte de la fuerza de su movimiento al trabajo realizado y para que se moviera eternamente mientras sigue cortando debería crear fuerzas de la nada. En la tercera definición de tratado, el filósofo alemán afirmó que:

El movimiento mecánico perpetuo (que se pretende en vano) es un movimiento en el que los cuerpos se encuentran en un estado violento [*état violent*] y, aunque actúan para salir de él, no avanzan en absoluto, y al cabo de cierto tiempo todo se encuentra en un estado no solamente tan violento como el que había al comienzo, sino todavía más, puesto que, además de haberse restituido el estado primitivo, es preciso que la máquina pueda producir algún efecto o uso mecánico, sin que ninguna causa de fuera contribuya a esto. (Leibniz, 1991: 34)

El “estado violento” del que habla Leibniz es equivalente al *trabajo*, es decir, toda máquina en general presupone la realización de un trabajo: “elevar agua, moler grano o producir alguna otra cosa”; y ahí radica precisamente la imposibilidad, pues en todo trabajo la fuerza pasa del trabajador a la obra que realiza o, como dice Leibniz, de la causa al efecto. Como una MMP es imposible, la única posibilidad de un movimiento físico perpetuo, que Leibniz considera, es el movimiento inercial como lo entendió Galileo; por ejemplo, un péndulo que realiza sus recorridos de forma ideal y sin obstáculos, pues en dicho movimiento la fuerza no se realiza ningún trabajo. Galileo había explicado que un objeto es indiferente al estado de reposo o movimiento, mas no lo es al estado “violento” del trabajo. La conclusión a la que llega Leibniz con todo esto es que fuerzas iguales no necesariamente producen

cantidades de movimiento idénticas, ni que cantidades de movimiento iguales implican fuerzas idénticas (Leibniz, 19991: 45). En otras palabras, Leibniz demuestra que la cantidad de movimiento no se conserva en el universo.

II. La Fuerza como realidad interna de la sustancia

Sin embargo, demostrar el fallo cartesiano no equivale a demostrar la validez de la opción leibniziana de la dinámica. Duchesneau señala que “Leibniz mentions [1694] that he has devoted a special science, dynamics, to the notion of force and that this methodological elaboration clarifies the metaphysics of substance. To a certain extent this assertion causes problems. The scientific papers published by Leibniz up to that time do not support this claim to have founded a science of dynamics” [Brittan, 1995: 53]. Lo que Leibniz ha dado hasta ese momento son pruebas *a posteriori*, que, si bien validan, no demuestran. En este punto es donde metafísica y matemática se hermanan, pues, al igual que vimos con Huygens, el método de descubrimiento de la realidad física pasa por un momento especulativo. Martial Gueroult señala con acierto que un teorema sobre la conservación de las fuerzas vivas requiere de una meta-empírica interpretación [1967: 110-112]. Leibniz ciertamente se apoya en la evidencia empírica, en el análisis de los distintos casos donde se puede comprobar que su principio funciona. Pero la conformación misma del principio surge de la unión de dos distintas ecuaciones de conservaciones, primero del momento de cada elemento y, en segundo lugar, de la unión de todos los elementos particulares para hablar de la conservación de todo el sistema.¹¹ El punto es solapar y hacer avanzar conjuntamente una demostración *a priori* y *a posteriori* lo

¹¹“Living force in any aggregate of bodies can further be understood in two senses namely, as total and partial. Partial force in turn is either relative or directive, that is, either proper to the parts themselves or common to all. Respective or proper force is that by which the bodies included in an aggregate can interact upon each other; directive or common force is that by which the aggregate can itself also act externally. I call this ‘directive’ because the integral force of total direction is conserved in this partial force. Moreover, if it were assumed that the aggregate should suddenly become rigid by the cessation of the motion of the parts relative to each other, this alone would be left. Thus *absolute total* force is composed of relative and directive force taken together.” Leibniz, *Specimen dynamicum*, I [: 439]

suficientemente robusta para retroalimentar el sistema metafísico basado en la armonía absoluta.

La metafísica de Leibniz comienza por el equilibrio en la naturaleza, específicamente por la fascinación que es el constatar su existencia y desde ahí pasa a preguntarse sobre lo que implica. Si el equilibrio existe, entonces deben existir realidades constantes, porque de otra forma el mundo necesitaría de una intervención divina permanente, camino que se rechaza. Leibniz postula que el equilibrio natural se basa en la ley de equivalencia de causas y efectos plenos. Esa ley afirma que la fuerza, no el movimiento, es aquello que nunca pierde sino que se transfiere de un cuerpo a otro. En una carta Leibniz explicó que: “*no se conserva la misma cantidad de movimiento, pero se conserva la misma cantidad de fuerza, que debe estimarse por el efecto que produce*” (Leibniz, 1991: 28). Ahora bien, así como en cálculo matemático Leibniz afirmó que era imposible pasar desde la nada al ser, sino que la continuidad impele a avanzar siempre por grados,¹² así sea desde lo infinitamente pequeño; del mismo modo en dinámica los cuerpos no pueden pasar de la carencia total de fuerza al efecto pleno, sino que debe existir en los cuerpos siempre una reserva de fuerza inicial, por infinitesimal que sea. Para distinguir ese estado de fuerza virtual, Leibniz ocupa de nuevo el término de Hobbes de *conatus* o la idea de fuerza muerta (*vis mortua*); mientras que para hablar de la realidad actuante usa *ímpetu* o fuerza viva (*vis viva*);¹³ ambas concepciones guardan una relación entre sí, de la misma forma que el punto y la línea se encuentran en el cálculo infinitesimal: “*Est autem potentia viva ad mortum vel impetus ad conatum ut linea ad punctum vel ut planum ad lineam*”¹⁴ (GM VI, 121). Dicho de otra forma, existe un vínculo dialéctico entre lo que parecen extremos insalvables.

Sin embargo, ambas fuerzas se expresan de diversas formas: la fuerza pasiva constituye a los cuerpos físicos en cuanto a la extensión e impenetrabilidad, en otras palabras es la idea de fuerza cartesiana. En cambio, la fuerza viva es el acto mismo, y

¹² “...*nullum in transitionibus esse saltum*” Leibniz a Bernoulli 30-Septiembre-1698 (GM, III, 544).

¹³ Leibniz ocupa también los términos potencia [*potentia*] muerta y viva (Quintero, 2004: 190). Ya Giordano Bruno (1941: 104) había hecho una distinción análoga entre potencia activa y pasiva: “Se distingue generalmente en potencia activa - por la cual el sustrato de ella puede operar- y en pasiva por la cual es posibilidad de ser, o [potencia] receptiva.”

¹⁴ “Son la potencia viva y muerta o el ímpetu al conato como la línea al punto o el plano a la línea.”

en cuanto tal es siempre efecto presente y efectivo. Leibniz afirma que la fuerza activa “comprende [*continet*] una especie de acto o *εντελέχεια*, equidistante de la facultad de obrar [*facultatem agendi*] y de la acción misma, supone un esfuerzo [*conatus*] y por ende entra en operación en sí misma [*per se*], sin tener necesidad de otro auxiliar que la supresión del obstáculo” (Leibniz, 2004: 190). Para Leibniz la fuerza activa es la forma primera, *entelequia* o forma sustancial de la escolástica,¹⁵ y se sirve de todos estos términos, pues los usa como puente para introducir en el corazón del mecanicismo moderno, ideas que expresan un ideal lógico y especulativo, y no sólo un modo geométrico de razonar.

Ahora bien, entre ambas expresiones —*activa* y *pasiva*— media la idea de fuerza como *potencia* y no sólo como *acto*, pues Leibniz reivindica la capacidad latente en los cuerpos de realizar un trabajo. Sobre este punto, explica Pérez Quintana:

La noción de *efecto pleno* exige introducir la importantísima concepción de la fuerza como potencia. Para una fuerza que produce un efecto, éste es, en la medida en que aún no ha sido producido, un efecto futuro, algo que aún no es real. Lo que es real es la fuerza como potencia capaz de realizar ese efecto, la fuerza como virtualidad que será consumida por la realización de la totalidad del efecto futuro. (Pérez Quintana, 2006: 16)¹⁶

Con la idea de *efecto pleno*, Leibniz se separa por completo del concepto de fuerza como cantidad de movimiento, pues el movimiento está referido únicamente a cambios locales que en última instancia son relativos a los puntos de referencia que

¹⁵ Aunque Leibniz afirmó que “esas formas sustanciales no sirven de nada en los pormenores de la física y no deben llevarse a la explicación de los fenómenos particulares. [Sin embargo] su conocimiento es necesario en metafísica.” Leibniz, *Discours de métaphysique*, §X (Quintero, 2004: 117). En otras palabras, Leibniz plantea una doble explicación del mundo, una mecánica desde la física y otra basada en causas finales desde la metafísica.

¹⁶ El concepto completo de fuerza es en realidad una unión de la actividad y la potencia, pues dice Leibniz en *De primae philosophiae emendatione*: “Differt enim vis activa a potentia nuda vulgo scholis cognita, quod potentia activa Scholasticorum, seu facultas, nihil aliud est quam propinqua agendi possibilitas, quae tamen aliena excitatione et velut stimulo indiget, ut in actum transferatur. Sed vis activa actum... continet, atque inter facultatem agendi actionem que ipsam media est.” G. W. Leibniz: *Die philosophischen Schriften*, IV, 469, en adelante citado como GP. “Se difiere la fuerza activa de la mera potencia, comúnmente conocida en la escuela, donde la potencia activa de la escolástica, es decir, la facultad, no es otra cosa que es lo cercano a la posibilidad de actuar, pero que necesita de una excitación o estímulo externo para poder pasar al acto. En cambio, la fuerza activa contiene el acto, y se haya justo en medio de la facultad de actuar y de la acción misma.”

se elijan. Así, un cuerpo está en movimiento siempre respecto a otro, como el ejemplo del barco de Bruno y Galileo, donde el barco está en movimiento respecto a la tierra 'fija', pero considerando el planeta en conjunto el barco y la Tierra, ambos estarían en movimiento alrededor del Sol. En contraste con el movimiento, la fuerza no es un estado relativo, sino un estado individual de cada cuerpo, ya sea virtual de potencia, o bien sea instantáneo de efecto. Pero en cualquier caso es algo propio y único, así afirmó Leibniz:

La fuerza o causa próxima de estos cambios es una cosa más real, y hay bastante más fundamento para atribuirla a un cuerpo más que a otro; además, sólo por este medio puede conocerse a cuál de ellos pertenece el movimiento. Ahora bien; esta fuerza es cosa diferente de la magnitud, la figura, el movimiento, y de aquí puede inferirse que todo lo que se concibe en el cuerpo no consiste únicamente en extensión y en sus modificaciones. (Leibniz, 2004: 134, § XVIII)

Este es el punto culminante del desarrollo de la dinámica leibniziana, pues gracias al análisis de las condiciones de movimiento y a la idea de efecto, el filósofo alemán está en condiciones de reformar el concepto mismo de *sustancia*. Así, hacia 1695, escribió Leibniz en el *Specimen dynamicum pro admirandis naturae legibus*:

En lo corpóreo hay algo más que extensión, anterior incluso a ésta, a saber: la propia fuerza de la naturaleza inserta en todas partes por el hacedor [*Autore*], que no consiste en una facultad simplemente... sino que se asienta en un conato o esfuerzo que tendrá efecto pleno, a no ser que se vea impedida por una tendencia contraria. Este esfuerzo se manifiesta a los sentidos por todas partes, y, a mi juicio, en todos los lugares es concebido en la materia por la razón [*materia ratione intelligitur*], incluso cuando no se hace patente a los sentidos. (Leibniz, 1991: 56)

La fuerza está dentro de los cuerpo y para Leibniz ha llegado ahí sólo de dos formas, por un milagro [*miraculum*] o, como única alternativa, "la fuerza se produce en los propios cuerpos, o mejor dicho, constituye la última naturaleza de lo corpóreo" (GM, VI, 235). Porque si la fuerza está dentro de los cuerpos y es ella la que genera y mantiene la extensión, entonces es la fuerza quien permite que existan los cuerpos mismo, es su esencia. La idea de fuerza marca de forma profunda y

permanente el pensamiento del Leibniz; para el alemán, las sustancias se reconocen precisamente por actuar [*agere*], mientras que una materia por completo inerte y pasiva, simplemente carece de razón de ser. Como explica Albert Ribas:

Con esta concepción se producía una mutación de gran alcance: la sustitución del viejo principio escolástico '*Operari sequitur esse*' [la acción sigue al ser] por el nuevo '*Quod non agit, non existit*' [lo que no actúa no existe]. (Ribas, 2008: 234)

Esta manera de ver a las cosas como agentes activos, dependen en buena medida del punto de partida del filósofo alemán respecto al tema del espacio. Ya que mientras Descartes (y luego Newton) tomó al espacio como un dato fundamental, Leibniz insistió en que el espacio no es una entidad real, sino virtual,¹⁷ siendo sólo la configuración de la constelación de entes existentes. Así, para Descartes el movimiento era un fenómeno que revela un hecho,¹⁸ mientras que para Leibniz era la evidencia que nos conduce a pensar una realidad interna más profunda y primitiva que cualquier cambio exterior. El primer paso para alcanzar esa realidad profunda lo dio Leibniz al probar que la cantidad de movimiento y la fuerza no se corresponden. Con ello allanó el camino para indagar el significado último de la fuerza y mostró que la materia no puede ser sólo extensión, sino que la extensión misma pasa a ser una realidad de segundo orden que depende de la actividad interna de las cosas mismas. Por consiguiente, de la fuerza surgen las cosas, tanto el movimiento que muestran como la extensión que poseen.

La extensión para Leibniz era “la continuación o difusión de una sustancia ya presupuesta que se esfuerza y opone” (Leibniz, 1991: 57). Tal concepto hace de la extensión una expresión de la fuerza interna de las sustancias, pues toda cosa que persevera en seguir existiendo, ocupa un espacio y, por tanto, tiene una extensión. Este perseverar era para Leibniz sinónimo de la materia y la inercia de los cuerpos. En cambio, la capacidad de actuar era la llamada fuerza activa o *virtud (virtutem)*,

¹⁷ Aunque no sea el objetivo de este trabajo, vale la pena resaltar el sutil análisis de Martial Gueroult sobre la diferencia entre extensión, la cualidad de los cuerpos concretos; cualidad extensa, el concepto abstracto de la anterior; lo extenso, el término abstracto geométrico; y el *spatium*, siendo esta última una idea innata que expresa la constelación de existentes [Gueroult, 1982: 284].

¹⁸ “La primera es que la velocidad revela sólo *quod ita sit*, el hecho, y no *cur ita sit*, la causa, como es el espacio” Roux, 2007: 438.

ésta era el acto mismo de existir de los cuerpos y también la actividad vital que los separa del reposo absoluto. Esta segunda acepción de fuerza era la realidad interna que se manifiesta en el movimiento. Pero ambas fuerzas, o mejor dicho, ambas expresiones de la realidad sustancial última que es la existencia de *algo*, van más allá de dar materia y forma a los cuerpos. Esas dos expresiones constituyen, por decir así, el soporte de lo real y con este soporte también el marco de pociões y de sucesiones que es lo que llamamos *espacio* y *tiempo*.

Pues ni tiempo ni espacio fueron en la mente de Leibniz cosas reales, el sajón creía que sólo las sustancias son reales, y como tanto el tiempo como el espacio no son sustancias, entonces no existían, al menos no de la misma forma que existe la materia. Esto plantea una serie de problemas para entender el estatus ontológico del tiempo y espacio; pues al ser hechos derivados de la actividad de las sustancias, su carácter es meramente virtual. Así, el espacio era la constelación de los entes, las sustancias individuales crean lo que llamamos *espacio* al expresarse y conservarse a sí mismas. Ni siquiera la idea del espacio como una serie de dimensiones vacías tenía sentido, pues el filósofo alemán no acepta la existencia real del vacío. Esto debido tanto a ley de la continuidad, que no acepta saltos discretos entre realidades, como al principio de plenitud que, como en Bruno, exige que el universo sea infinito e infinitamente poblado de seres, sin vacíos ni huecos. El tiempo, de forma análoga, es la sucesión de estados de las sustancias. En otras palabras, el tiempo es la sucesión de estados que una cosa va adoptando sucesivamente mientras existe. Como en el caso del espacio, el tiempo no es una cosa, sino un orden.

Para el sajón, el Mundo es un pleno de seres que al existir crean la sucesión temporal y espacial. Este conjunto primordial de entes estaba regulado por la ley de la correspondencia entre causas y efectos. Gracias a esa ley, Leibniz creía que podía pensarse al mundo físico como algo siempre en perfecta armonía, pues como el gran universo se regulaba a sí mismo por esa ley, entonces era totalmente autónomo. Pues como la fuerza siempre se conserva, la actividad del universo es siempre idéntica. Cuando algo pasaba de la potencia al acto o viceversa, lo hacía por sí mismo y sin perder o disminuir la fuerza total que poseía el sistema. En otras palabras, el universo podía ser eterno, pues como nada se perdía, nada necesitaba ser creado. Para Leibniz, el Mundo funcionaba como una máquina perfecta, la cual nunca

necesita que la reparen, arreglen o le vuelvan a dar cuerda para seguir funcionando, sino que “la misma fuerza y vigor subsiste siempre y solamente pasa de una materia a otra siguiendo las leyes de la naturaleza y del buen orden establecido” (Leibniz-Clarke, 1980: 52). Esta suprema perfección se deriva que cada infinitesimal átomo de materia tiene alma, una alma viva, activa y perseverante.

Bibliografía

- Benítez, L., y Robles J. A. (1997): *El problema del infinito: filosofía y matemáticas*. México: UNAM-III-F.
- Blanco Laserna, D. (2015): “Luz y ondas. Huygens: la luz como propagación ondulatoria” en *Arbor*, 191 (775). <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2066/2619>
- Descartes, R. (1995): *Los principios de la filosofía*, trad. Guillermo Quintas, Madrid: Alianza.
- Duchesneau François (2012): “The sense of apriori method in Leibniz’ Dynamique” en G. Brittan (ed.), *Causality, Method, and Modality: Essays in Honor of Jules Vuillemin*, Dordrecht: Springer, pp. 53- 82.
- Duchesneau F. (1989): “Leibniz’s ‘Hypothesis Physica Nova’: A Conjunction of Models for Explaining Phenomena” en J. R. Brown & J. Mittelstrass (eds.), *An Intimate relation. Studies in the history and philosophy of science*, Dordrecht: Reidel, pp. 153-170.
- Gaos, J. (1992): *Historia de nuestra idea del mundo*, México: FCE, p. 748.
- Gueroutl, Martial (1982): “Space, Point and Void in Leibniz’s Philosophy”, trad. Roger Ariew en Michael Hooker, *Leibniz: Critical and Interpretive Essays*, Manchester: Manchester University Press, pp. 284-301.
- Gueroutl, Martial (1967): *Leibniz, Dynamique et métaohysique*, París: Aubier Montaigne.
- Leibniz G. W. (2004): *Correspondencia con Arnauld*, trad. Guillermo Quintero, Buenos Aires: Losada.
- Leibniz G. W. (1991): *Escritos de dinámica*, trad. Juan Arana, Madrid: Tecnos.
- Leibniz, G. W. (1975): *Philosophical Papers and Letters: A Selection*, trad. L.E. Loemke, Dorrecht: Springer.
- Leibniz G. W. (1875-1890): *Die philosophischen Schriften*, C.I. Gerhardt (ed.), 7 vols, Berlín, (reimp. Hildesheim, 1960-61).
- Leibniz, G. W. (1872): *Mathematische Schriften*, Ed. C.I. Gerhardt, 7 vols, Berlín: Hildesheim, 1872.
- Leibniz, W. y S. Clarke (1980). *La Polémica Leibniz Clarke*, trad. Eloy Rada, Madrid: Taurus.

- Manchak, John Byron (2009): "On Force in Cartesian Physics" en *Philosophy of Science*, 76, pp. 295-306.
- O'Neil, Eileen (1993): "Influxus Physicus" en Steve Nadler (ed.). *Causation in Early Modern Philosophy Cartesianism, Occasionalism, and Preestablished Harmony*, University Park: Pennsylvania State University Press, pp. 27-56.
- Pérez Quintana, A. (2006): "Fuerzas, potencias, tendencias sustanciales. Física y metafísica en Leibniz" en *Laguna: Revista de Filosofía*, 18, pp. 11-34
- Ribas, A. (2008): *Biografía del vacío*, Barcelona: Editorial Sunya, p. 250.
- Solbes, Jordi y Francisco Tarín (2008): "Generalizando el concepto de energía y su conservación" en *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22, pp. 155-180.
- Tho, Tzuchien (2017): *Vis Vim Vi: Declinations of Force in Leibniz's Dynamics*, Cham: Springer.