

¿POR QUÉ ES MARAVILLOSA LA APLICACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES METAFÍSICAS EN LA FÍSICA?

OTRA MIRADA CRÍTICA A LA CONCEPCIÓN DINÁMICA DE LEIBNIZ

Resumen: Leibniz intentó dar una explicación física de los fenómenos de la naturaleza que estuviera más allá de la mecánica extensionalista de Descartes, y más allá de la física newtoniana. Por esta razón concibió su sistema de dinámica con la idea de que sus supuestos dieran apoyo a la teoría de las mónadas, es decir, pretendió dar a su dinámica fundamentos metafísicos. Pero los intentos de Leibniz por probar que sus opiniones en dinámica tenían una conexión perfecta con sus consideraciones metafísicas desembocaron en contradicciones que el filósofo rehusó enfrentar, y que en últimas prueban que los conceptos dinámicos no dan el tan buscado apoyo. Pese a lo fallido de su intento, los trabajos dinámicos de Leibniz revisten un interés especial, pues muestran cómo evolucionó el concepto de fuerza en el siglo XVII revelando las tensiones intelectuales en torno a la física que se experimentaban en la época.

Palabras clave: Leibniz, movimiento, causa - efecto, cantidad de movimiento, conservación, transformación, energía, razón metafísica.

Abstract (*Why is the Application of Metaphysical Considerations to Physics Wonderful? Another Critical Approach to Leibniz's View of Dynamics*): Leibniz attempted to give a physical explanation about nature's phenomena that was beyond extensional mechanicism of Descartes and beyond Newtonian physics. For such reason, he conceived his dynamic system so that its assumptions supported the monad theory, that is to say, he pretended to give metaphysical foundations to his dynamics. But Leibniz's attempts to prove that his opinions in dynamics had a perfect connection with his metaphysical considerations led to contradictions that the philosopher refused to confront. Despite his unsuccessful attempt, Leibniz's works on dynamics have a special relevance, since they show how the concept of force evolved in the XVIIth century, revealing the intellectual tension around physics that had been taking place at the time.

Keywords: Leibniz, movement, cause - effect, conservation, quantity of movement, transformation, energy, metaphysical reason.

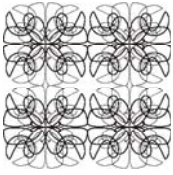
I. EL RECHAZO A DESCARTES Y LA COYUNTURA INVESTIGATIVA DEL SIGLO XVII

Puede afirmarse que la actividad científica del siglo XVII marca un hito fundamental para la historia de la ciencia, pues, habiendo recibido el legado científico del siglo precedente, logra condensar sus máximos logros en la obra de Isaac Newton. En ese entonces parecía que con la aparición de los *Principios* (en 1687) se resolverían aquellas cuestiones físicas que Brahe, Kepler y Galileo dejaron sin resolver. Sin embargo, no sería justo reducir toda la riqueza de la actividad científica del siglo XVII a la aparición de la obra de Newton. Ciertamente este siglo presentaba una interesante situación coyuntural ante la cual exponía a sus hombres de ciencia, quienes tenían que dirimir una gran disyuntiva a la hora de realizar sus formulaciones: O bien

NANCY DURÁN

antiphona@lycos.com

Universidad
Nacional
de Colombia



Nancy Durán

tomar el camino de la experimentación, abandonando la confianza que antes se había depositado en el terreno teórico-especulativo, o bien emprender la búsqueda de una explicación de los fenómenos de la naturaleza en el terreno de la especulación teórica, más propiamente en el terreno metafísico.

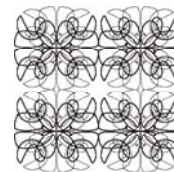
Gran parte de esta coyuntura fue animada por la propuesta mecánica que había realizado Descartes. Sus complejos presupuestos —la extensión, el movimiento y el principio de conservación del mismo— constituyeron un sistema reduccionista, y las Siete Leyes que formulara para explicar el choque entre cuerpos fueron controvertidas y en general provocaron rechazo. Una primera razón para esto consistía en que tales leyes no eran corroboradas por la experiencia, y una segunda en que las leyes no parecen ser los corolarios de los supuestos de extensión y conservación. Así pues, la propuesta del filósofo francés no se presentaba como solución a las cuestiones concernientes a la comunicación del movimiento.

Este rechazo a Descartes fue el mejor reflejo de los conflictos intelectuales del siglo XVII. El problema del choque era de tan suma importancia para poder interpretar la mecánica del mundo que el fracaso de la propuesta cartesiana proponía una búsqueda afanosa de otro tipo de soluciones. Y aquí devenía la disyuntiva (ya mencionada) ante los investigadores de la segunda mitad del siglo. Podríamos ejemplificar la primera línea de búsqueda —la experimental— con la figura de Huygens, la segunda —la metafísica— con Malebranche, y en medio de esta tensión, entre la línea experimental y la línea metafísica, emerge Leibniz, quien buscará una solución a los problemas dejados por el mecanicismo cartesiano persiguiéndola siempre a través de una teoría del movimiento abstracto.

El interés de este trabajo es presentar desde una perspectiva bien general los conceptos fundamentales de la dinámica leibniziana, los cuales no sólo se apartan de la propuesta cartesiana, sino que la impugnan ávidamente, y permiten afirmar sin temor a equivocación que la dinámica de Leibniz es el rechazo más interesante que se le haya hecho a Descartes, no por la efectividad y consistencia de sus supuestos, sino porque dio origen a un enfrentamiento intelectual conocido como la '*Polémica de las fuerzas vivas*', el cual llegó a inspirar la defensa de las ideas del francés. Aunque la polémica mereció la atención de Huygens (quien inició a Leibniz en los asuntos de la física), hizo reñir a Voltaire con la Marquesa de Châtelet, y fue el tema de la primera obra publicada de Kant (*Gedanken über die wahre Schätzung der lebendigen*, 1747), ella como tal no llegó a poseer un lugar predominante en la escena científica del siglo XVII. No obstante, pese a su modesto protagonismo, la '*Polémica de las fuerzas vivas*' refleja, por una parte, la evolución de uno de los conceptos fundamentales de la física: el de la fuerza, y por otra, la necesidad de sistematización que demandaba la mecánica de la época. Por estos dos aspectos reflejados, puede considerarse que ella (la Polémica), inspirada por Leibniz, ilustra muy bien la trama entre filosofía y física en el siglo XVII.

II. LA MARAVILLOSA APLICACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES METAFÍSICAS EN LA FÍSICA: EL DISCURSO DE METAFÍSICA Y EL NUEVO SISTEMA DE LA NATURALEZA DE LEIBNIZ

La doctrina de las mónadas propone, entre muchas otras cosas, la idea de una **saga**



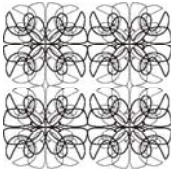
‘*armonía preestablecida*’ entre el reino de las causas eficientes —es decir, el reino físico de la naturaleza— y el reino de las causas finales —es decir, el reino moral de la gracia— (Leibniz 1714: §78, §87). Pero esta idea de que Dios ha preestablecido un orden natural, mediante el cual un par de instancias bien distintas concuerdan perfectamente, requiere más argumentos de apoyo.

Lo primero que hay que anotar al respecto es que dentro de esta *armonía preestablecida* el mundo físico aparece subordinado al metafísico, y las leyes que permiten explicar el primero tienen como principios generales principios metafísicos. Teniendo en cuenta lo anterior, los argumentos que dan apoyo a la idea de la *armonía preestablecida* deben sustentar las siguientes tesis para que esta idea funcione: (a) El establecimiento de una diferencia terminante entre substancia y materia. (b) La explicación satisfactoria de eso que denominamos ‘materia’ y su relación con las mónadas. (c) La justificación de esta subordinación de las leyes del mundo físico a las leyes metafísicas proponiendo un nivel de explicación satisfactorio para todos los fenómenos de la ‘máquina del universo’.

Toda la teoría de las mónadas está encaminada a brindar esos argumentos, y a resolver de una vez lo concerniente a la *materia*, término que —como bien dice Russell— es en filosofía sinónimo de problema. En textos como el *Nuevo sistema de la naturaleza*, el *Discurso de metafísica*, los *Principios de la naturaleza y de la gracia* y la *Monadología* podemos encontrar esos argumentos con los que Leibniz cree zanjar las cuestiones paradójicas arrojadas por la definición de mónada. Sin embargo, voy a tomar como ejemplo de esta subordinación del plano físico al metafísico el *Discurso de metafísica* y el *Nuevo sistema* por sencillas razones: A diferencia de los otros textos, el *Discurso* contiene un fragmento de lo que fuera el primer ataque definitivo de Leibniz al mecanicismo de Descartes. Este ataque aparece publicado en 1686 en Leipzig con el título «*Breve demostración del memorable error de Descartes* [...]», y en él se cuestiona el principio cartesiano que adjudica a Dios la conservación de la cantidad de movimiento en el universo, esgrimiendo una prueba en la cual se muestra cómo la cantidad de movimiento no se conserva en un sistema, pero sí la fuerza. Esta prueba es justamente lo que aparece en el *Discurso* en su parágrafo 17, y ella constituye, por un lado, un buen ejemplo de lo que es una máxima subalterna para Leibniz, y por otro lado, una buena ilustración de cómo el filósofo enlaza su metafísica con su dinámica, lo cual no sucede en los otros escritos a los que he aludido, pues en éstos apenas se refiere a la mecánica como ciencia insuficiente para explicar las percepciones y cambios de las mónadas. En cuanto al *Nuevo sistema*, hay dos razones de peso: (I) Fue escrito con el propósito de defender los ensayos de dinámica y su conexión con su sistema metafísico. (II) De él se pueden extraer algunas afirmaciones sobre la materia y la definición de lo que es substancia, aspectos que no se encuentran tan claros en el *Discurso*.

A continuación expondré cómo aparecen en el *Discurso de metafísica* y en el *Nuevo sistema* los tres argumentos que deben acudir en apoyo de la idea de la armonía preestablecida, y en un capítulo distinto trataré por aparte la *Breve demostración*.

a) La diferencia entre substancia y materia. Negando el atomismo, Leibniz



¹ En el capítulo VII de su libro *Exposición crítica de la filosofía de Leibniz*, Russell muestra cómo Leibniz adju-dica a la palabra 'materia' cinco significados diferentes que se extraen más bien del contexto, ya que el filósofo hizo un uso irregular de cada uno de ellos en su obra. De acuerdo con lo que Russell expone, las acepciones de materia que más importan a este ensayo son las tres últimas que él sugiere y que se presentan en la doctrina de las mónadas. Russell también afirma que estos cinco significados no eran confusos para Leibniz, opinión que no comparto, pues lo que dejan ver los escritos que son objeto de este ensayo, y que constituyen en su mayoría una muestra depurada de sus concepciones filosóficas, es que Leibniz no define el concepto de materia porque no quiere comprometerse con él, pues de hacerlo pondría en mayores aprietos los supuestos básicos de la teoría de las mónadas. Acepto que a partir de ciertas afirmaciones de Leibniz se pueden inferir estos cinco significados, pero ninguno comporta una definición, ni es usado de manera clara. Más bien lo contrario: las referencias de Leibniz a la naturaleza de lo material y lo corpóreo nos dejan en el

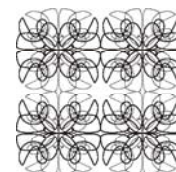
considera que la naturaleza está compuesta de unidades, pero no de unidades materiales, ya que la materia es una colección de partes al infinito, y además sus atributos como tamaño, figura y movimiento no pueden ser lo único que exista en la naturaleza de los cuerpos. Leibniz busca un fundamento substancial para la naturaleza que sea inextenso, y que por lo tanto carezca de las propiedades de todo aquello que es extenso, llegando entonces a concebir un principio de unidad, que llamará 'átomo formal' o 'forma substancial' (Leibniz 1695: §3), y que en últimas podemos designar como *substancia simple o mónada*. Así pues, y poniéndose a tono con el inicio de la *Monadología*, las mónadas o formas substanciales «son los verdaderos átomos de la naturaleza y, en una palabra, los elementos de las cosas» (Leibniz 1714: §3).

Tenemos una idea clara de lo que es substancia: el principio de unidad, simple, inmaterial, inextensa, plenamente diferenciada de la materia. Pero este término, 'materia', también recibirá un cambio en la filosofía de Leibniz, como se verá en el apartado siguiente.

b) La materia: El *Nuevo sistema* afirma que la unidad real o mónada es creada «de manera que todo nazca en ella de su propio fondo» con una perfecta espontaneidad (Leibniz 1695: §14). Pero lo que precisamente produce una mónada es la serie de sus representaciones (Leibniz 1695: §15), entonces lo que es externo a la mónada —la materia— sólo existe como representación. Por otra parte, también afirma que la materia necesariamente debe ser la multiplicidad de unidades, es decir de mónadas, afirmación que nos permite pensar que Leibniz hace dos referencias al término materia: uno como agregado de mónadas (1695: §11), y otro como cuerpo orgánico de una mónada dominante (1695: §14). Así que tenemos en total tres referencias a la materia, que no comprometen una definición y que, dado su uso, solo dejan confusión¹. De la doctrina de las mónadas siempre me ha quedado la sensación de que la materia es un modo del alma casi impalpable, y la ausencia de una definición clara me deja dudas sobre su existencia positiva en la filosofía de Leibniz. Pero dejando de lado la sensación personal, a partir de estas tres referencias se podría dar una noción que sintetiza lo que es la materia para Leibniz, al menos en el *Nuevo sistema*: **lo extenso es la manera de representarse el alma lo compuesto**, o en otros términos **es la apariencia de las substancias reales**.

Sin embargo, hay que notar que la afirmación de que todo lo material existe como una colección de unidades, de mónadas, tiene como propósito negar que en parte alguna del universo no exista nada. Entonces es necesario que también exista en la materia algo de substancial. Para Leibniz todo está lleno de vida en el universo, hasta en la menor parte de materia (1714: §66 – §69).

c) La conciliación de la vía de las causas finales con la vía de las causas eficientes: Ahora es necesario ver cómo a partir de las definiciones de Leibniz de substancia como principio formal, inextenso, y de materia como representación, se puede crear un sistema de explicaciones satisfactorias de los fenómenos de la naturaleza. Esta conciliación —como toda auténtica conciliación— no es fácil, debe apelar a algunos supuestos que permiten explicar leibnicianamente la dinámica de



la naturaleza y el universo.

(c1) En primer lugar, con esta conciliación concurre un supuesto ‘fuerte’ de la metafísica de Leibniz, a saber, el de la *independencia de las mónadas*. Este supuesto sí que lo encontramos con frecuencia en la teoría, y el *Discurso de metafísica* no es la excepción. En su apartado 14 nos encontramos con que Dios ha producido de tal manera las substancias que éstas no interactúan, tal como solemos creer que sucede en el sistema general de los fenómenos; «*cada substancia es como un mundo aparte, independiente de todo, excepto de Dios*».

(c2) El supuesto de la independencia de las mónadas llevó a Leibniz a una conclusión que lo llenó de sorpresa por sus ventajas y belleza considerables: Todo lo que puede llegarle a suceder a una mónada sólo es consecuencia de su propio ser (1686: §14). Aquí se insinúa el segundo supuesto que requiere la conciliación y el cual se explica mejor en el *Nuevo sistema*: «*Por lo tanto es preciso que esas percepciones internas al alma misma le ocurran debido a su propia constitución original es decir a su naturaleza representativa (...)*» (Leibniz 1695: §14). Este es el *supuesto de la naturaleza representativa* de cada mónada y conlleva necesariamente la idea de la ‘serie causal’, que permite hacer una afirmación más acabada de este supuesto: cada mónada, desde que es creada, comporta de una vez y para siempre la serie de fenómenos que le han de acontecer. Así pues, cada mónada es creada con la serie de representaciones que le corresponden, serie que además expresa todo lo que sucede en el universo, de manera que en la serie de una mónada están expresadas las demás, y a la vez éstas otras la expresan a ella en sus respectivas series (Leibniz 1686: §9).

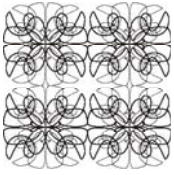
Lo que se cierne detrás del *supuesto de la naturaleza representativa* es nada más ni nada menos que el principio lógico con el cual Leibniz construye todo su sistema filosófico, éste sostiene que la noción verdadera de substancia individual es aquella en la que el término del sujeto encierra todos los predicados que son atribuidos a ese sujeto, y que expresan todo el universo. (Leibniz 1686: §8, §14.)

(c3) El tercer supuesto del que debe echar mano la conciliación es la noción de *fuerza*. Ya se ha visto cómo Leibniz sostenía que en los cuerpos había algo más que movimiento y extensión, razón por la cual concibió una ‘forma substancial’ cuya naturaleza es la fuerza². Esta fuerza para Leibniz existe de dos modos. El primero lo constituye la *fuerza primitiva* o *interna*, llamada por Leibniz *ley interna*. Tal fuerza permite producir con orden todo lo que le ha de suceder a la mónada, así como también las apariencias y expresiones de las cosas externas que tendrían que llegar a ella en virtud de su propia ley; Russell (1977: 119) define muy bien esta fuerza interna o primitiva como ‘la ley de la serie’, y con ella Leibniz asegura la independencia de la mónadas, pues esta fuerza primitiva sólo actúa en el cuerpo en el cual se halla y nunca en otro.

El otro modo de la fuerza es derivado, es lo que Leibniz llama ‘tendencia’; mediante éste se modifica la fuerza primitiva. Russell (1977: 119) también precisa acertadamente la fuerza derivada como «*la determinación que designa un término particular de la serie*». Esta fuerza es en Leibniz la única que puede distribuirse entre varios cuerpos. Sin embargo, cada vez que Leibniz invoca los fundamentos de su dinámica, nunca concurre la fuerza derivada sino la fuerza primitiva, y esto pondrá

extravío.

² Tal como lo señalaré más adelante, Leibniz tenía en mente un concepto de fuerza bastante diferente —y por lo demás novedoso— del que reinaba en su época. Mientras que para la física dominante la fuerza se definía simplemente como la acción o influencia que modifica el estado de reposo de un objeto (sin dar razón de su origen o naturaleza), para Leibniz la fuerza era algo que residía en los cuerpos y que les permitía desarrollarse, era la *vis viva* o *vis vitae*. La capacidad de abstracción y de agudeza de Leibniz le hicieron anticipar un concepto que no había tenido cabida en el siglo XVII y que se convertiría en un concepto fundamental de la física: el



Nancy Durán

en evidencia las verdaderas intenciones de Leibniz al construir su sistema dinámico, como se verá más adelante.

Hemos recopilado entonces, los argumentos que requería la armonía preestablecida y los supuestos que permiten explicar los fenómenos físicos. En esta explicación Leibniz habría de rechazar los átomos, el vacío y la acción a distancia. La definición de substancia proporciona argumentos plausibles para rechazar el atomismo, pues Leibniz nunca aceptó que hubiese elementos últimos en los cuerpos. La negación del vacío la encontramos apoyada en las afirmaciones en torno a la materia, y el rechazo de la acción a distancia se explicará por los supuestos esbozados en el punto *c* de este apartado. Explicar esto último es explicar, de paso, la forma como el mundo físico halla sus últimas explicaciones en el metafísico.

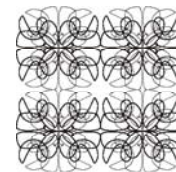
Me parece evidente que Leibniz rechaza la acción a distancia como consecuencia del rechazo que hace a cualquier tipo de acción de la fuerza de una mónada sobre otra. Como bien se puede entender a partir del supuesto de independencia y el de la naturaleza representativa, todo lo que puede haber entre mónadas cuando se afectan unas con otras no es más que una interacción aparente, y todos los cambios y movimientos de toda partícula de materia provienen de la serie causal de la mónada a la que le pertenecen.

Ahora bien, lo único que falta para comprender el Sistema de la Naturaleza es afirmar la existencia de una armonía preestablecida; todos los argumentos que (se suponía) le dan soporte a esta tesis, se apoyan recíprocamente en ella. En resumidas cuentas, Leibniz afirma la existencia de este orden perfecto, pero no nos dice 'cómo' sucede, excepto por introducir en el *Nuevo sistema*, la hipótesis de los acuerdos, la cual afirma que puede haber un *acuerdo perfecto* entre almas gracias a la naturaleza representativa, y en virtud de que cada una tiene prefijadas sus percepciones o expresiones de las cosas externas por su ley interna (su *fuerza primitiva*). Para Leibniz, la hipótesis de los acuerdos produce el mismo efecto que el reclamado por otro tipo de hipótesis vulgares como aquellas que conciben que las substancias actúan unas sobre otras transmitiéndose entre ellas cualidades. Pero lo cierto es que la hipótesis de los acuerdos tampoco dice 'cómo' es que éstos se producen.

Así pues, negando toda interacción, Leibniz va a concebir su dinámica con fundamento en una instancia última, que tiene una cantidad única, y cuya suma se conserva; esta instancia es la *fuerza* o *vis vitae*.

Y esta fuerza que Leibniz invoca en sus fundamentos dinámicos es la fuerza primaria, puesto que lo que él requiere como principio fundamental de su dinámica es una entidad inmutable, metafísica, y ésta obviamente no se puede encontrar en la fuerza derivada, ya que ella, a diferencia de la fuerza primaria, no se conserva igual en un mismo cuerpo. Con todo lo dicho hasta aquí se comprende por qué la percepción y lo que depende de ella no es explicable por razones mecánicas, pues la percepción es producida por la fuerza interna, cuyo carácter es eminentemente metafísico. Entonces ¿para qué las razones de la física?

Pues para explicar los fenómenos aparentes entre cuerpos. Leibniz reconoce reiteradamente que las causas generales no son suficientes para explicarlos, y que no es sensato trasladar la consideración de las formas substanciales a la explicación



de energía cinética.

³ Leibniz ilustra su afirmación con el caso de Snell y su descubrimiento de las leyes de refracción, resultado al cual Snell llegó, según Leibniz, empleando el método de los antiguos, quienes usaban el principio

de los fenómenos de la física, pues aquéllas son necesarias solamente para sentar los principios generales (Leibniz 1786: §10 / 1795: §3). Sin embargo, Leibniz vuelve a contrariarse sutilmente (como siempre lo hace) al decir que las causas finales llevan más fácil a verdades útiles que permiten el progreso de las ciencias, mientras que la vía física puede resultar lenta (Leibniz 1786: §22)³.

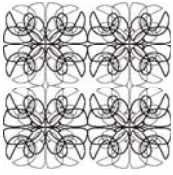
Todas las ideas expuestas hasta aquí nos permiten entender un poco por qué Leibniz termina su *Nuevo sistema* (1795) haciendo esta optimista afirmación: «*Por metafísicas que parezcan, estas consideraciones tienen además una aplicación maravillosa en la física para establecer las leyes del movimiento (...)*» (Leibniz 1795: §18).

Pero lo cierto es que no hay tal. La metafísica de Leibniz no brinda en absoluto un solo principio que sirva de fundamento a la dinámica. En primer lugar, apelar al supuesto de que las mónadas son sustancias independientes, cuyas representaciones reflejan el universo, resulta absurdo. El impacto —que es lo único que Leibniz admite como interacción dinámica— es mera representación y, así, un cuerpo sólo tiene la representación de un impacto que ha sufrido en la medida en que esta representación está determinada por la representación de otro cuerpo. En otras palabras: la representación de la causa es causa de la representación del efecto, lo cual hace absurda la deducción de cualquier actividad de las sustancias a partir de la dinámica. Y es que, por más que Leibniz justifique todo fenómeno en la serie causal, es imposible no admitir que las cosas interactúan.

Esta consideración nos hace reparar en que la noción de fuerza en la que Leibniz fundamenta su dinámica no desempeña un papel alguno dentro de ella, pues ya hemos visto que la fuerza primitiva nunca pasa de un objeto a otro, y no en vano Leibniz la asimila a la entelequia aristotélica. Lo que es útil en la dinámica es precisamente la fuerza derivada, que es la que tiende al movimiento. La fuerza derivada no se conserva en un mismo cuerpo y, pese a que se distribuye entre varios, conserva una suma constante. Pero esta suma constante nos lleva de nuevo a la idea de la interacción efectiva de los cuerpos, pues lo que se da realmente en una partícula es el efecto total de los efectos causados por las demás partículas; es decir, lo que realmente le acontece a una partícula es la suma total de los efectos del conjunto.

Leibniz intentó fallidamente usar una razón metafísica, la de la *fuerza primitiva*, para demostrar que la dinámica se sustentaba muy bien en la doctrina de las mónadas, y esto equivale a decir que los tres argumentos sobre substancia, materia y la conciliación entre el mundo físico y el metafísico, esgrimidos anteriormente, y los supuestos básicos de la teoría de las mónadas, y en fin, **toda esta digresión de términos metafísicos no tiene ninguna aplicación maravillosa en el mundo de la física**. Adicionalmente cabe decir que el intento logró más confusión que cualquier otra cosa, y esto permite afirmar también que la relación entre la dinámica y metafísica de Leibniz no experimenta una conexión perfecta (contrario a lo que él jactanciosamente afirmaba), sino que, en efecto, tal conexión no existe. El procedimiento de la *Breve demostración* y sus resultados acuden a corroborarlo.

III. LA BREVE DEMOSTRACIÓN



Nancy Durán

de sim-plicidad.

⁴ Este principio de conservación asignaba un papel fundamental al Demiurgo, pues es éste el que se encarga de imprimir el movimiento en el universo y conservarlo en su misma cantidad.

⁵ La demostración originalmente no está expuesta paso a paso. Sin embargo, en aras de una mayor claridad expositiva, me he visto forzada a exponer los enunciados de la demostración de manera seriada, pero sin alterarlos, lo cual está garantizado, pues lo único que me he atrevido a hacer es aplicar secciones que me permitiesen exponerla

La «*Breve demostración del 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*», no es considerada por muchos el más estimable trabajo de dinámica de Leibniz, juicio que a mi modo de ver depende de la perspectiva desde la cual se le contemple. Tal vez desde la perspectiva de un físico experimental este escrito no tenga nada de interés, pues sus asertos no trascendieron en el ámbito científico del siglo XVII. Pero un análisis que pretenda dar cuenta de la evolución del concepto de fuerza y del concepto de energía no puede soslayar la figura de Leibniz y ésta, su *Breve demostración*, ya que ella constituye una excelente síntesis de lo que fue su sistema de dinámica. ¿Y por qué habría de considerarse este trabajo una excelente síntesis de la dinámica leibniziana? Pues porque sus supuestos principales no iban a cambiar en los escritos subsiguientes, y porque en estos Leibniz nunca renunció a las convicciones de que la prueba esgrimida en la *Breve demostración* era correcta, y que a partir de ella se podía establecer la perfecta conexión entre la metafísica y la dinámica.

La *Breve demostración* va a impugnar dos conceptos fundamentales de la mecánica cartesiana: el primero es el principio de conservación del movimiento⁴, y el segundo es la idea de que la cantidad de movimiento está determinada por la masa de los cuerpos. Pero a la vez Leibniz escribe la *Breve demostración* para dar apoyo sus dos conceptos fundamentales en dinámica: la fuerza (que es lo único que se conserva) y la ley fundamental de igualdad entre la causa plena y el efecto entero.

Así pues, Leibniz parte en la *Breve demostración* de tres acusaciones: 1) Ciertos matemáticos (Descartes) estiman la fuerza motriz por la cantidad de movimiento, o por el producto de la masa del cuerpo por la velocidad, o en términos geométricos, la estiman en función de masa y velocidad. 2) Descartes establece una equivalencia entre fuerza motriz y cantidad de movimiento. 3) Descartes afirma que Dios conserva la misma cantidad de movimiento en el mundo.

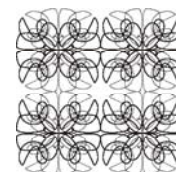
Para demostrar la diferencia entre fuerza y cantidad de movimiento y, por lo tanto, el memorable yerro de Descartes, Leibniz esgrime la siguiente prueba que expondré en ocho puntos breves⁵:

a) Se presupone que al caer un cuerpo desde cierta altura alcanzará una fuerza tal que se vuelve a elevar de nuevo (eliminando impedimentos externos) tal como le sucede a un péndulo que retorna a la altura desde la que ha partido.

b) Se presupone que se requiere de la misma fuerza para elevar un cuerpo de una libra a la altura de cuatro alnas, que para elevar un cuerpo de cuatro libras a la altura de un alna. Tal supuesto es admitido por todos los cartesianos.

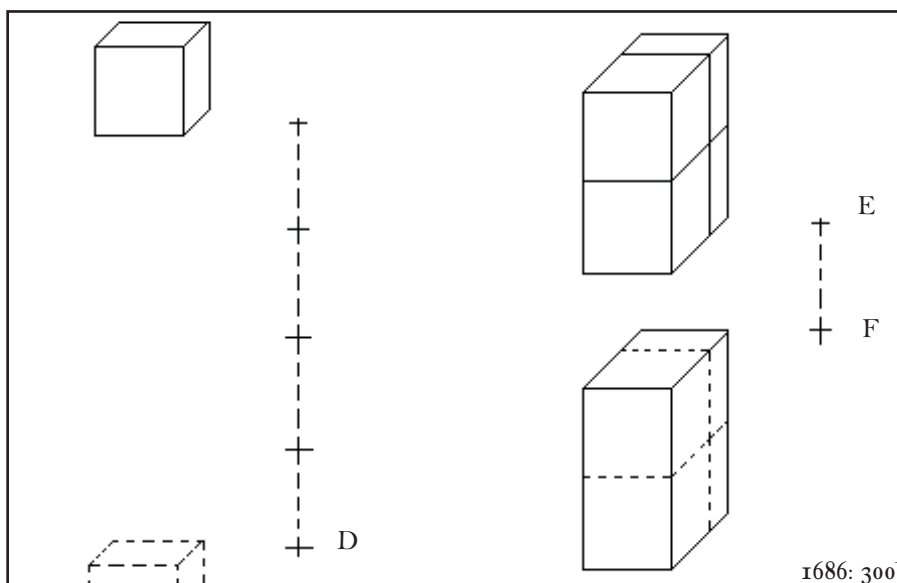
c) De los dos anteriores supuestos se deduce que el cuerpo de una libra, al caer de una altura cuádruple CD, adquirirá la misma fuerza que la que adquirirá el cuerpo de cuatro libras al caer de la altura simple EF, y con tal fuerza tales cuerpos podrían subir hasta el punto del cual habían descendido.

d) A esto se añade que Galileo ya había demostrado que la velocidad que adquirida en el lapso CD de 4 alnas es el doble de la velocidad adquirida en el lapso EF de un alna.



e) Lo anterior permite deducir que al multiplicar el cuerpo de una libra por su velocidad 2 , su cantidad de movimiento será 2 , y que al multiplicar el cuerpo de 4 de libras por su velocidad, es decir, 1 , su cantidad de movimiento será 4 .

f) En conclusión, una de esas cantidades es la mitad de la otra aunque sus fuerzas previamente se hayan encontrado iguales, lo cual prueba el error de Descartes y los suyos al considerar que fuerza y cantidad de movimiento son lo mismo.

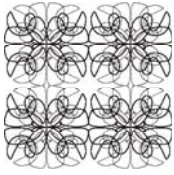


g) El efecto de la fuerza es la altura recorrida, o esto es que el efecto por el que no se estima la fuerza es la velocidad, y si bien es cierto que en las máquinas simples las velocidades se compensan, es cierto también que el efecto (altura) de los ascensos y descensos es el mismo. La compensación de la velocidad es algo accidental, como lo muestra la prueba.

h) Las fuerzas se estiman por la «razón compuesta de los cuerpos (de la misma gravedad específica o solidez)» (Leibniz 1991: 7) y de las alturas recorridas o en trance de aparecer.

Leibniz ha dicho en su *Breve demostración* que no hay nada más simple y prístino que su prueba, y que por lo tanto le resulta sorprendente que hombres tan doctos como Descartes y los cartesianos no la hayan entendido, si bien esto encuentra su explicación en el exceso de confianza con el que pecó Descartes, y el descarrío de sus defensores al ir tras los pasos errados del francés en vez de seguir la recta razón.

Descartes tuvo en el Abate de Catelan quien le defendiera de la sorna leibniziana. Catelan alegó en su respuesta que en las 5 máquinas simples hay isocronía de los movimientos impresos a dos pesos distintos cuando se comparan conjuntamente, pues las velocidades serán «proporcionales en razón recíproca de sus masas» (Leibniz 1991: 11) y, por lo tanto, recorren espacios proporcionales a sus velocidades en el



Nancy Durán

a pasos seriados.

⁶ Agradezco inmensamente al profesor José Granés del departamento de Física de la Universidad Nacional por sus observaciones a la impugnación inicial que había hecho a la *Breve demostración*. También le agradezco por señalarme este carácter 'novedoso' de la prueba, el cual precisamente la hace sumamente valiosa al hacer un análisis de la historia de la física a finales del siglo XVII.

⁷ Preocupada por el problema que Descartes no había logrado resolver, la Royal Society de Londres encargó en 1668 a Huygens, Wren y Wallis dar sus propias soluciones al problema del choque entre cuerpos, y en efecto logró su cometido. Estos tres célebres físicos formularon respuestas complementarias entre sí que constituyeron una solución teórica

mismo tiempo.

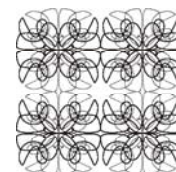
Leibniz esperó hasta 1687 para censurar la réplica de Catelan en carta dirigida a Bayle. En dicha carta repite las consideraciones hechas en la *Breve demostración*, aunque de manera más profusa, y se dedica a destacar la incompetencia del abate y el carácter débil que tiene su defensa: «*Pero sería injusto querer aprovechar contra los cartesianos que se los defiendan tan débilmente*» (Leibniz 1991: 14), lo que le da razones para solicitar un contradictor cartesiano versado en geometría y en estas materias.

Evidentemente la defensa es débil (diría que bastante), pero no es desacertada, como ya se verá más adelante. Catelan intuyó que no se puede prescindir tan fácilmente de la velocidad o del tiempo como componente de la fuerza. A continuación mostraré por qué el ataque de Leibniz a Descartes probablemente tomó el punto de partida correcto, pero se extravió muy rápido en el camino.

IV. FÍSICA DE LA CONSERVACIÓN PERO NO DE LA TRANSFORMACIÓN. EL ERROR DE LA BREVE DEMOSTRACIÓN

La prueba que esgrimió Leibniz exhibe un resultado convincente: la fuerza, en efecto, se conserva, mientras que la cantidad de movimiento no. Una mirada al ambiente científico del siglo XVII nos hace reparar en el carácter novedoso de esta demostración, pues ni más ni menos nos encontramos ante una física de la conservación de la fuerza en franca oposición con el imperativo de la conservación del momento (o cantidad de movimiento)⁶. El siglo XVII había logrado librarse del fracaso de las explicaciones físicas del cartesianismo, en primer lugar, al solucionar teóricamente el problema del choque⁷, y en segundo lugar con las explicaciones que dio Newton sobre las causas y los efectos mecánicos. Sin embargo, ambas tentativas abrían paso a un amplio campo de interrogantes por despejar. Aún quedaba por precisar la interpretación física de las magnitudes puestas en juego: fuerza, velocidad, cantidad de movimiento; quedaba pendiente también por determinar su naturaleza ontológica, e igualmente la relación del choque con otras formas de interacción dinámica. Leibniz, por su parte, sí se había preocupado por responder precisamente estos interrogantes; de aquí que su concepción de las causas y efectos del movimiento tenga como fundamento una compleja sustentación ontológica (como lo vimos anteriormente), y esto tal vez hace concesiones a la eficacia que demanda la actividad de la ciencia. A esta demanda Newton supo responder de manera simple y eficaz sin involucrar en su explicación largas interpretaciones y justificaciones. La respuesta del inglés propuso que el efecto era la aceleración (cambio de movimiento del móvil), y la causa la fuerza impresa, la cual es igual al producto de la aceleración por la masa del cuerpo acelerado. Igual que el conjunto de la física newtoniana, esta explicación resultaba bastante operativa, mas sin embargo las explicaciones newtonianas no dejaban de tener limitaciones. Si nos remitimos a este caso de la fuerza, encontramos el concepto definido perfectamente respecto de los efectos producidos por la aplicación de una acción dinámica, pero no así hallamos referencia alguna sobre su fuente, y esto ya no hace tan casuales esas espurias explicaciones sobre el restablecimiento de la pérdida de movimiento.

Mirada crítica a la concepción dinámica de Leibniz



Se discute aún si Leibniz tenía razones personales para formular una dinámica en franca oposición a la concepción newtoniana⁸, mas lo cierto es que cuando los *Principia* son publicados en 1687 Leibniz ya había concebido la mayor parte de sus trabajos en esta materia, y por esta razón debe admitirse que hay otras razones que llevaron al alemán a sugerir conceptos tan disímiles a la física imperante en la época. Lo que muestra la *Breve demostración* es que el concepto de fuerza de Leibniz es algo bien diferente del concepto de fuerza del siglo XVII: Mientras que para el filósofo la fuerza o *vis vitae* es —según lo visto en el apartado II— esa instancia última que reside en cada cuerpo como una entidad inmutable, cuya cantidad única se conserva, para la opinión consolidada de la física de ese entonces la fuerza era la influencia que modificaba el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, sin explicar de dónde proviene, puesto que los cuerpos por sí mismos no pueden experimentar ni ejercer ninguna fuerza. Indudablemente no puede haber dos conceptos de fuerza tan opuestos.

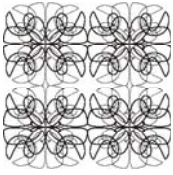
En realidad lo que tenía el filósofo alemán en mente al hablar de *vis viva* era ni más ni menos que la energía cinética que hoy conocemos, y en este orden de ideas fue un gran acierto de Leibniz el concebir una física de la conservación de la fuerza, es decir, de la energía.

Sin embargo, ese gran error de Leibniz, que he expuesto en el apartado II de este ensayo, aparece reproducido en su novedosa prueba. El presupuesto a) de la demostración es cierto: un cuerpo puede alcanzar una fuerza —es decir una energía cinética— tal que puede volver a elevarse, pero esto es cierto en la medida en que reconocemos que justo en el instante previo a caer el cuerpo éste posee una fuerza que no es la *vis viva*, sino lo que conocemos como energía potencial, la cual empezará a transformarse en *vis viva* tan pronto como el cuerpo inicie su trayecto.

Pero por obvias razones Leibniz no va admitir que la fuerza primaria se transforma, y la *Breve demostración* lo hace manifiesto, pues ella intenta sustraerse de esta consideración, aunque fallidamente. Después de todo, el filósofo deja escapar en el supuesto inicial que un cuerpo que cae «alcanza» una fuerza, y es claro que cuando se habla de «alcanzar» algo, estamos asumiendo que se adquiere algo que no se tenía, con lo cual se acepta que esa fuerza inicial sufre un cambio una vez se inicia el trayecto, y que es ese cambio el que justamente permite el regreso al punto de retorno. Hay algo en esta sagaz demostración de Leibniz que indudablemente no anda bien y que nos conduce a una pregunta: ¿Cuál de los dos conceptos de fuerza de Leibniz coincide con el de energía cinética? ¿Acaso el de fuerza primitiva? ¿O no será más bien el de fuerza derivada? Si se asintiera a la primera opción, evidentemente Leibniz estaría en aprietos, pues su fuerza primitiva nunca tendría un origen externo ni experimentaría ningún incremento, y esto no es propiamente lo que acontece con la energía cinética. Si se escoge como cierta la segunda opción, estaríamos dando a la demostración de Leibniz la coherencia entre su concepto de fuerza y el cambio que la misma experimenta y que su prueba no puede dejar de señalar. Pero además, si se concede que el de fuerza derivada es el concepto correspondiente al de energía cinética, se estaría dando un puntapié al concepto de *vis viva* como fundamento ontológico de la dinámica de Leibniz, y se pondría en su reemplazo un concepto mutable: *fuerza derivada*, que no se conserva en un mismo cuerpo y que

a este asunto.

⁸ Leibniz había tenido ya la confrontación con Newton por el cálculo infinitesimal y resulta apenas obvia su reticencia a admitir que el ilustre inglés le pudiese enseñar algo en dinámica; de aquí que rechazara la gravitación como explicación última de las interacciones



Nancy Durán

entre cuerpos materiales.

⁹ Por más que quiera, Leibniz no logra librarse del tiempo y por lo tanto de la velocidad. Más aún, a la hora de estimar la fuerza o *vis vitae*, Leibniz invo-lucra el tiempo cuando por principio lo había desechado: «la velocidad crecerá como el tiempo y la fuerza absoluta como el cuadrado de los tiempos» (Leibniz

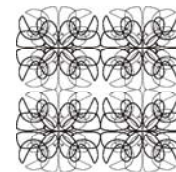
inevitablemente nos llevaría a la idea de la interacción efectiva entre cuerpos.

Pero este reemplazo entre conceptos es lo que tiene lugar en la *Breve demostración*. Leibniz, en aras de mantener el concepto fundamental de «armonía preestablecida» entre el reino físico y el reino moral, comete básicamente tres errores: 1) Confunde las dos nociones de fuerza. En la prueba siempre se habla de fuerza primitiva, cuando en realidad la única que tiene el protagonismo es la fuerza derivada. 2) Hace equivalentes los conceptos de conservación y de inmutabilidad. Creo que éste es el paso más arriesgado que dio Leibniz, pues con él se derrumba su idea novedosa de la conservación de la fuerza. Si se repara en las leyes de la conservación (del momento, de la materia y de la energía), ninguna excluye las transformaciones ni las interacciones que tienen lugar en los sistemas; la conservación es un concepto que parte del hecho de que las cosas cambian y en medio del cambio hay algo que se mantiene; en otras palabras, lo que muestran los principios de conservación de la física es que no se puede hablar de conservación sin transformación. Y queda claro que Leibniz quería una física de la conservación pero no de la transformación. 3) Prescinde de la velocidad a la hora de estimar el efecto de la fuerza. Esto está señalado en el punto **g**) de la demostración, en el cual, además, Leibniz señala que la compensación de la velocidad en la prueba es accidental. La pregunta obvia es ¿por qué Leibniz desestima la velocidad? La razón es que el alemán no sólo quería una física no extensional, sino que la quería también más allá de Newton, es decir, más allá del tiempo y del espacio (y, por lo tanto, fuera del campo fenoménico)⁹.

Se sabe que el factor velocidad, que tiene un componente de tiempo, es mutable, y esto explica muy bien por qué Leibniz lo evita al máximo, mas el haberlo evitado en la prueba lo llevó a una conclusión que se admite sin dificultades, pero que no tiene mayor utilidad: La fuerza debe estimarse por la distancia y el peso. A este respecto uno se pregunta: ¿Qué operatividad hubiese podido tener una fórmula de fuerza que se mida en metros por kilogramo, por ejemplo? ¿Qué utilidad física hay en desestimar el valor del tiempo en el cálculo de cualquier desplazamiento? ¿Sería posible hacer física con criterios leibnicianos? ¿Cómo podríamos lanzar satélites con sus cálculos dinámicos? Además de estas cuestiones resulta curioso que Leibniz haya afirmado que la masa no puede ser determinante para medir la fuerza, y que en la conclusión el peso sea determinante a la hora de estimar el efecto de la fuerza.

En conclusión: Esta *Breve demostración* de Leibniz es una prueba sugerente pero carente de generalidad. Leibniz no lograría a partir de ella enunciar una ley general a menos que hubiese dejado de negar la interacción efectiva y la transformación de la fuerza, y por esto se comprende bien por qué sería imposible también elaborar una física de la conservación.

Retornando a lo dicho al final del apartado II, no es posible hacer física a partir de la metafísica, y menos si se trata de la metafísica de Leibniz. El deseo de inmutabilidad e independencia de las sustancias llevó al filósofo a elaborar una física que por principio negaba la interacción efectiva entre cuerpos, el influjo de la gravedad, la transformación de la fuerza y, como lo señalé hace poco, evitaba al máximo el factor de la velocidad.



V. ¿POR QUÉ ES MARAVILLOSA LA APLICACIÓN DE LAS CONSIDERACIONES METAFÍSICAS EN LA FÍSICA?

Todo lo que han dejado ver hasta aquí la *Breve demostración* y los principios metafísicos de la dinámica leibniziana conduce a un punto en el que uno debería preguntarse si valía la pena impugnarse exhaustivamente esta demostración y los conceptos fundamentales, y si tal ejercicio no constituye una pérdida de tiempo, como lo advirtió la ‘mala prensa’ a la que dio inicio D’Alembert. ¿Para qué impugnar una física embotada con una metafísica dotada de terminología inútil? ¿Por qué hacerlo cuando sensatamente los grandes mecánicos de la ilustración decidieron no reparar en ella para no hacer naufragar el legado de Galileo y Newton?

Es cierto que la *Polémica de las fuerzas vivas* representa apenas un hecho sutil en la historia de la física, pero la historia de la física no debería desestimar la *Polémica* si se considera que la reflexión filosófica subyace siempre a la creación científica. Lo que deja ver la *Breve demostración* es que se trata de un intento valiente por cuestionar toda la confianza que su época depositaba en las explicaciones físicas de los *Principios* de Newton. Y este intento, pese a sus fracasos, exhibe tres grandes aciertos para la física que vendría más adelante: 1) Sugerir un concepto de *fuerza viva* como causa del movimiento¹⁰. 2) Cuestionar la equivalencia conceptual entre fuerza y cantidad de movimiento. 3) Concebir la idea de una física de la conservación. Pero lo más asombroso es que estos tres logros son producto de consideraciones metafísicas que tuvieron el inmenso valor de cuestionar lo que se daba por sentado.

No hay, ciertamente, una aplicación maravillosa de las consideraciones metafísicas en la física, no por lo menos en Leibniz. Pero es necesario rastrear sus intentos para dar cuenta de cómo evolucionó el concepto de fuerza en el siglo XVII. Leibniz fue el primero en intuir que en los cuerpos había una fuerza vital y que eran mucho más que una masa inercial, como lo estimaba Newton; así que de no haber tenido Leibniz esta intuición metafísica, no se habría arribado a esta idea de fuerza viva, idea que constituyó la primera aproximación de lo que hoy conocemos como energía, y sin la cual es imposible comprender hoy el mundo físico.

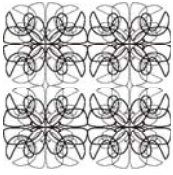
BIBLIOGRAFÍA

LEIBNIZ, Gottfried Wilhelm.

(1686) «Discurso de metafísica». En: Leibniz 1982, 279 – 327.

1991: 49, nota al pie 30).

¹⁰ El otro gran logro de Leibniz fue el haber establecido una fórmula para la *vis vitae*, es decir para la energía cinética. La fórmula ha permanecido vigente



Nancy Durán

(1695) «Nuevo sistema de la naturaleza y de la comunicación de las sustancias así como de la unión que hay entre el alma y el cuerpo». En: Leibniz 1982, 459 – 471.

(1714) «Monadología». En: Leibniz 1982, 607- 626.

(1982 [2002]). *Escritos filosóficos* (ed. E. de Olaso). Buenos Aires.

(1991) *Escritos de dinámica*. Madrid: Tecnos.

NEWTON, Isaac.

(1987). *Principios matemáticos de la filosofía natural* (trad. A. Escohotado & M. Sáenz). Madrid: Tecnos.

RUSSELL, Bertrand.

(1977) *Exposición crítica de la filosofía de Leibniz* (trad. H. Rodríguez). Buenos Aires: Siglo Veinte.

Recibido el 27 de mayo de 2005

Aceptado el 25 de abril de 2005