

La polémica de las fuerzas vivas^(*)

Por JOSE LUIS DE LA VEGA BENAYAS

Doctor Ingeniero de Caminos

Uno de los capítulos más interesantes de la historia de la ciencia es el ligado al nacimiento de los estudios sobre el movimiento y su fuerza. El trabajo que se presenta a continuación es un estudio de la fuerte polémica suscitada entre corrientes físicas y filosóficas de muy distinta significación (Leibniz-Malebranche), sus orígenes y desenlace final.

PRESENTACION

La física matemática nació en la Edad Moderna con Galileo y Descartes. Galileo trabajó fundamentalmente en el estudio de las leyes del movimiento. Descartes dedicó mucho espacio, dentro de su sistema, al estudio de las res extensa y de sus «modi», los cuerpos y su fuerza moviente (force mouvante).

Enlazando a ambos fundadores tenemos el movimiento y su fuerza. Es por lo que la polémica discurre sobre la *Fuerza de los cuerpos en movimiento*, de cuyo tratamiento dependerá en muy alta medida el futuro de esta nascente ciencia que empezaba a desgajarse del frondoso árbol de la filosofía.

De esta polémica nacerán dos corrientes mecánicas que hoy se denominan corriente estática y corriente energética y en las que el concepto de fuerza sufrirá repudios y adhesiones. (Confert Jouguet, citado en la Bibliografía).

También habrá dos corrientes filosóficas paralelas con las anteriores aunque no coincidentes: Una, causal-mecanicista con metodología analítico-causal, que se remonta al causalismo formal de Platón (compartido por Galileo junto con un acusado pitagorismo) y que desemboca en Comte vía Galileo, Descartes, Newton y Kant; y otra finalista que tiene su antecedente en Aristóteles y desemboca en un vitalismo diltheyano vía Leibniz.

La polémica empezó en 1686 y no concluyó con D'Alembert en 1743, como comúnmente se cree. Su extinción formal ocurrió con el formalismo matemático de Euler (ya que Newton no escribió una sola fórmula, sino sólo construcciones geométricas); y su extinción real corrió

a cargo de la Termodinámica al aparecer, cuantificarse y tenerse en cuenta otras formas de energía no mecánicas.

El presente trabajo está, pues, inscrito en el desarrollo de esas corrientes físicas y filosóficas que llegan hasta nuestros días o, al menos, hasta fines del XIX o comienzos del XX con la aparición de nuevas concepciones físicas. Es una ordenación, exposición, explicación y justificación de la polémica ante la dispersa, incompleta y a veces confusa, por parcial, bibliografía que se encuentra sobre ella, aportando, en todo caso, los puntos de vista filosóficos de que se carece habitualmente; y que discurre desde su comienzo de 1686 hasta la muerte de sus principales protagonistas directos, Malebranche y Leibniz, hacia 1716, es decir, unos 30 años.

Filosóficamente está expuesta dentro del racionalismo; políticamente, coincide con la pujanza de Inglaterra y Francia y socioeconómicamente, con el nacimiento del capitalismo mercantilista y pre-industrial.

Consta de dos partes claramente diferenciadas.

La primera, recoge las motivaciones teológicas, filosóficas y físicas que son como el marco en que se desenvuelve la polémica desde distintos puntos de vista. La segunda se centra en la polémica en sí y concluye con la derrota total del cartesianismo —uno de los polos enfrentados— a manos de las nuevas ciencias experimentales a cargo de los «savants» de aquella época (Wren, Wallis, Huygens, Mariotte) y todo ello sintetizado y dirigido por la metafísica de Leibniz. El representante oficial del cartesianismo fue su coetáneo Malebranche jefe de fila filosófico y coordinador de toda una pléyade de brillantes matemáticos. Pero el papel de éstos aparece como en la sombra frente al de esos dos grandes filósofos.

(*) Se admiten comentarios sobre el presente artículo, que podrán remitirse a la Redacción de esta Revista hasta el 31 de diciembre de 1985.

El afán último de Leibniz era hacer renegar a Malebranche de su cartesianismo. Pero éste tardo en darse cuenta de la valía de su oponente. Prácticamente minusvalorado como filósofo, Leibniz tenía que «agarrar» cualquier ocasión para desmontar el sistema cartesiano. Y Leibniz era para su oponente sólo un matemático y un físico. Finalmente, en 1698, Malebranche se hace parcialmente leibniziano aunque sin abjurar de su credo *crítico* cartesiano, de lo que Leibniz llama espíritu de secta, del sectarismo cartesiano.

Posteriormente, aparecieron y se hicieron una serie de trabajos experimentales. (Confert el artículo de Laudan que figura en la bibliografía). Pero no es este nuestro enfoque, pues los experimentos tienen siempre muchas interpretaciones.

Nos hemos detenido, por tanto, intencionalmente, antes del desarrollo *positivista* posterior a la polémica en sí. Es decir, dentro del espíritu de la física matemática, cuya misión es formular hipótesis basadas en el postulado de que lo real ha de ser reductible, en definitiva, a racionalidad pura. La mente ha de ser consecuente con este postulado de pura racionalidad de modo total y no poner sino conceptos, *nunca hechos*.

Esto ocurrió, por ejemplo, con la «atracción» newtoniana que es un hecho inventado, pues no es empírico, ya que, lo empírico, son los fenómenos que se quieren explicar. Y los hechos inventados, por inobservables, son «inexplicables, no inteligibles, precarios, sin fundamento, sin ejemplo», como le dice Leibniz a Clarke en su 4.^a Respuesta (GP VII, 418) (Confer Martínez Marzo II, 136).

Por eso, al detenernos en la segunda parte en el desarrollo de la polémica, avanzamos gradualmente desde los casos particulares (las «ocasiones físicas» de Leibniz), hasta la exposición de los principios de la metafísica de Leibniz, último extremo del racionalismo, encuentra violados. Tales son:

- El movimiento perpetuo que puede ocurrir por el «perpetuum mobile» o el «perpetuum motrix».
- El principio de la continuidad o principio del orden, armonía o conveniencia, que permite pasar, en Matemáticas, de lo dis-

continuo a lo continuo, mediante el cálculo diferencial; en Física, de lo pequeño a lo grande progresivamente; en Psicología, donde las percepciones varían gradualmente; y en Ontología, ya que hay una jerarquía gradual de una sustancia a otra, de una mónada a otra.

- La Ley de Conservación, compartida por Descartes y Leibniz, aunque con muy diferente contenido.
- La naturaleza de los cuerpos, que son abstractos en Descartes y de los que van tomándose en cuenta sus propiedades reales.
- La teoría de los choques, fundamental en Descartes por su concepción geométrica de la naturaleza donde tras el «empujón divino» todos los cuerpos están en contacto. Y como lo subyacente a sus famosas reglas es la conservación de la cantidad de movimiento, desmontadas aquellas, queda en ruina toda la concepción física cartesiana. Y con ella su metafísica.

El trabajo va apoyado en una bibliografía de unos 60 autores, clasificados según sus diferentes aportaciones al tema, en cuatro apartados. Para el acceso directo a la polémica se han utilizado 16 documentos como testimonio vivo de la misma.

La Mecánica está a caballo entre el mundo matemático de la pura razón y el mundo real de la experiencia sensorial.

INTRODUCCION GENERAL

Presentamos una de las más famosas polémicas desarrolladas en el seno del racionalismo y expuesta dentro de los límites de éste.

Podemos afirmar, teniendo en cuenta la calidad y características de los oponentes, que refleja y responde a la evolución sufrida por esta corriente filosófica en sus concepciones físicas, gnoseológicas y metafísicas.

Junto a los más típicos y señalados representantes del racionalismo aparecen los trabajos de todos los «científicos» que hicieron decisivas

aportaciones en el campo de la física. La interacción científico-filósofo aparece aquí en el momento decisivo y auroral del nacimiento de la física-matemática.

El trabajo se ha dividido en una primera parte que recoge las motivaciones teológicas, filosóficas y físicas que se acusaron en la polémica y una segunda que trata del desarrollo de la misma.

Ambas partes van seguidas de la bibliografía utilizada y fundamentada con testimonios históricos directos. Es por lo que este trabajo se abre con un epígrafe titulado «Exposición documental» donde se apuntan cronológicamente todos estos documentos decisivos.

1. NACIMIENTO DE LA POLEMICA

1.1 Exposición documental

1. En una carta de Descartes a Constantijn Huygens, de 1638, se desarrolla el verdadero «*Traité de la mécanique*» cartesiano bajo el título: «*Explication des engines par l'aide desquels on peut avec une petite force lever un fardeau fort pesant*». Tema que vuelve a tratar más veces estableciendo lo que él llama el principio-fundamento general de toda Estática (1).

2. Tanto en los «*Principia philosophiae*» de 1644, como en su traducción francesa, de dudoso valor crítico, titulados «*Les Principes de la Philosophie*», su obra más madura, expone sus tres leyes de la naturaleza y las siete leyes de los choques (2).

3. Huygens escribe en 1656 su obra «*De motu corporum ex percussione*».

4. En 1668, la Royal Society of London propone un concurso científico sobre las leyes del movimiento. Acuden Wallis, Wren y Huygens (3).

5. Leibniz publica las «*Meditaciones de cognitione, veritate et ideis*» en las «*Actas Eruditorum*» de Leipzig, 1684, contra el método y metafísica cartesianos (4).



Leibniz

6. E. Mariotte publica en 1673 el «*Traité de la percussion ou choc des corps dans lequel les principales regles du mouvement contraires a celles que M. Descartes et quelques autres modernes ont voulu etablir sont demontrees par leurs veritables causes*» (5).

7. Este documento es el detonante de la polémica: Leibniz publica en los «*Acta Eruditorum*» de Leipzig una «*Brevis demonstratio erroris memorabilis cartesiani et aliorum circa legem naturalem, secundum quam volunt a Deo, eandem semper quantitatem motus conservari, quae et in re mechanica abutuntur*» en marzo de 1686.

8. En el «*Discurso de Metafísica*» incluye Leibniz un resumen sustancioso de este artículo.

9. Como la revista alemana no llegaba a los sabios del gran foco científico y cultural que era entonces París, la traduce Bayle en las «*Nouvelles de la Republique des Lettres*» en septiembre del mismo año con el título: «*Demonstration courte d'une erreur considerable de M. Descartes et de quelques autres touchant une loi de*

(1) Oeuvres. AT II, 228 y 352-361.
(2) Oeuvres. AT VIII, Pars secunda, 37, 39, 40 y 46-52; AT IX-2 Seconda partie, 37, 39, 40 y 46-52.
(3) Mach. Desarrollo histórico-crítico de la Mecánica. Buenos Aires. Espasa Calpe 1949 p. 273; JOUGUET. Lectures de la Mécanique N.Y.J. Reprint 1966 Tomo I p. 114; MOUY Les lois du choc des corps d'après Malebranche. Paris Vrin 1927 p. 33; DUGAS La mécanique au XVII^e siècle. Neuchâtel Grifflon 1954 p. 287.

(4) GUEROULT. Leibniz critique de Descartes. Paris. Gallimard 1960. p. 22n.

(5) Malebranche. Oeuvres complètes. Paris Vrin, 1960 XVII-1 p. 168.

la nature selon laquelle ils soutiennent que Dieu conserve dans la matiere la même quantité de mouvement, de quoi ils abusent même dans la mécanique».

10. En esta misma revista francesa y a continuación de la traducción de Bayle del texto de Leibniz firmaba el abad Catelan una «Courte remarque ou l'on montre a M.G.G. Leibnits le paralogisme contenu dans la objection précédente».

11. Leibniz compara «Les Principes de la Philosophie» de Descartes con los juicios de Malebranche sobre los mismos.

12. Leibniz dirige una carta a Arnauld en noviembre de 1686, contrarreplicando la respuesta del abad Catelan.

13. Leibniz envía otra carta a Bayle en febrero de 1687, donde menciona a Malebranche a partir de la página 46.

14. Malebranche entra en liza al sentirse aludido, dirigiendo un escrito a Catelan en abril de 1687: «Extrait d'une lettre du P. M. a M. l'abbé D. C.»

15. El abad Catelan continúa en la polémica escribiendo una «Remarque» de M. l'abbé D. C. sur la réplique de M. L. touchant le principe mecanique de M. Descartes», en junio de 1687.

16. Leibniz responde a Malebranche mediante una carta de julio de 1687: «Lettre de M. L. sur un principe general utile a la explication des loix de la nature par la consideration de la sagesse divine, pour servir de réplique a la reponse du M. P. D. Malebranche».

17. El «Principe general» es una traducción libre y no muy exacta del «Principium quoddam generale non in mathematicis tantum sed et physicis utile, cuius ope ex consideratione sapientiae divinae examinuntur naturae leges, qua occasione nata cum R. P. Mallebranchio controversia explicatur, et quidam cartesianorum errores notantur» publicada en el verano de 1687.

18. Leibniz responde nuevamente a la última carta del abad Catelan en una «Response de M. L. a la Remarque de M. l'abbé D. C. contenue dans l'article 1 de ces Nouvelles, mois de juin de 1687, où il prétend soutenir une loi de la Nature avancée par M. Descartes», plantean-

do al final un «fort joli» problema relacionando las fuerzas con el tiempo de su aplicación.

19. Huygens tercia de modo científico en la discusión resolviendo, en octubre de 1687, el problema propuesto: «Trouver une ligue de descente, dans laquelle le corps pesant descend uniformement, et approche également de l'horizon en tems égaux».

20. Leibniz acepta la demostración y solución de Huygens en la carta que le dirige en enero de 1688 (1).

21. Leibniz ofrece más tarde su propia resolución de ese problema «De línea isochrona, in qua grave sine acceleratione descendit, et controversia cum dn. Abbato D. C.» en abril de 1689 (2), donde menciona su discusión con Catelan.

22. En una carta a su amigo Foucher, Leibniz se queja del silencio de Malebranche (3).

23. Igualmente se lamenta ante Arnauld del mutismo de Catelan (4), en 4/14 de enero de 1688.

24. Leibniz envía a las «Actas Eruditorum», 1690, su «De causa gravitatis et defensio sententiae suae de varis naturae legibus contra Cartesianos» manejando el argumento del perpetuum mobile como ya había hecho antes en el «Discurso de Metafísica» (5).

25. En «De legibus naturae et vera aestimatione virium motricium contra Cartesianos» de septiembre de 1691 prosigue su lucha.

26. Malebranche rompe su silencio en 1692, mediante sus «Lois de la communication des mouvements» ya totalmente cambiadas por la influencia de Leibniz aunque sin abandonar la conservación de la fuerza cartesiana (6).

27. Leibniz acusa recibo de esta modificación en una carta a Malebranche de ese mismo año (7).

28. Durante toda esta polémica Leibniz mantiene una copiosa correspondencia con Ar-

(1) Die mathematische Schriften. Berlin. Olms II p. 39-40 (G.M. II, 39-40).

(2) G.M.V, 234-237.

(3) Die philosophische Schriften. Berlin Olms I p. 396 (GPI, 396).

(4) Discours de Metaph. et Correspondance avec Arnauld Paris Vrin 1970, p. 315, 397.

(5) GM VI, 193.

(6) GPI, 343-346.

(7) GPI, 346-349.

nauld, desde los aspectos teológicos, metafísicos y físicos (1).

29. En cuanto a la crítica de Leibniz a Descartes, quizás el trabajo más sistemático sean las «Animadversiones in partem generalem Principiorum Cartesianorum» escritas en 1692, donde analiza punto a punto (κατα ποδα) la parte 1.^a (De principiis cognitionis humanae) y la 2.^a (De principiis rerum materialium) (2). Merece especial mención, dentro del contexto de este trabajo, el análisis que hace en el artículo 53 de la parte 2.^a, a la luz de la ley de continuidad, del choque de dos cuerpos iguales B y C, y donde hace una gráfica o «delineatio» con las velocidades, según su teoría y la de Descartes.

30. En una carta de Malebranche a Leibniz fechada el 13 de diciembre 1698 rectifica de nuevo su «Traité de la communication des mouvements» admitiendo que sólo se conserva la cantidad de movimiento orientada (3).



Descartes.

1.2 Motivaciones teológicas

El Concilio (Oecumenicum XIX) de Trento (1545-1563) se había pronunciado muy clara y terminantemente en temas como la Eucaristía contra la consustanciación o impanación luterana y otras formas semejantes de Calvino y Zwinglio, y a favor de la transustanciación (4).

Pues bien, toda la teoría de las cualidades cartesianas y su identificación de la materia con la extensión conducían en lo físico a la negación del vacío y en lo teológico a poner en peligro el dogma de la Eucaristía.

Ya Arnauld previno de este peligro a Descartes en sus Objeciones (5) pues al no admitir éste los accidentes como reales peligraban las especies al cambiarse la sustancia del pan en el Cuerpo de Cristo: Desaparecida aquella deberían desaparecer también, según la tesis cartesiana, sus modos. Descartes sortea este escollo en sus Respuestas (6) y aunque admite que esto da pie a la consustanciación luterana, anuncia

que va a tratar más ampliamente las cualidades sensibles en sus «Principia» que actúan en función de la superficie exterior de los cuerpos. Podemos afirmar con Belaval (7) que Descartes debió sufrir de inconsecuencia al tener que someterse a la «memoria patristica» invocada en Trento, teniendo en cuenta el papel falaz que atribuye en su sistema a la memoria.

En 1860 el jesuita Le Valois plantea un problema análogo a Malebranche, atacando la compatibilidad entre la reducción cartesiana de la materia a extensión y la existencia de una auténtica transustanciación, refiriéndose a una breve alusión de la «Recherche de la Verité» que conciliaba la nueva física y el dogma (8).

Digamos, para concluir este pequeño sesgo teológico, que Leibniz daba un gran valor a la historia (contra la opinión de Descartes), o sea a la tradición, respetaba las opiniones recibidas; y que intentó, a pesar de su confesión luterana, demostrar la posibilidad de la Eucaristía (9); y que, consciente de la secularización floreciente en el XVII, trató de conciliar la ciencia moderna y la concepción cristiana (10).

(1) D. M. et Correspondance avec Arnauld. Paris. Vrin, 1970.

(2) GP IV, 350-392.

(3) GP I, 354-356.

(4) Confert «Enchiridion Symbolorum» H. Denzinger. Barcelona Herder 1946. Pags. 303-305.

(5) Meditaciones Metafísicas. Alfaguara, p. 177.

(6) Ibidem, 199 sq.

(7) «Leibniz critique de Descartes». Paris. Gallimard 1960, p. 97.

(8) Robinet «Malebranche et Leibniz» Paris. Vrin. 1955. Para un estudio más detallado véase Malebranche «oeuvres complètes» Paris Vrin Tome XVII-1, pag. 445-531.

(9) Cartas a des Bosses en G.P. II.

(10) Leibniz. «Escritos políticos» Madrid. Centro de Estudios Constitucionales, 1979.

Desde su postura reformista no buscaba una conversión protestante bajo la autoridad papal, sino una unión en la caridad (1), consecuencia de nuestro amor a Dios que debe reflejarse en el amor a nuestros semejantes lejos de todo sectarismo. Pero para Leibniz, insistimos, la verdadera característica de un católico (universal) es su caridad y no su obediencia a Roma (2).

De acuerdo con su sistema filosófico opina en la historia como en la ciencia: Tiene un pasado y un futuro. Como dice en el párrafo 22 de su *Monadología*, hablando de la sustancia, «ita ut praesens sit gravidus futuro» o «tellement que le present y est gros de l'avenir» (3).

La motivación teológica tiene también otro enfoque, el del papel de Dios en el mundo.

Descartes se centraba fundamentalmente en el atributo de la *inmutabilidad* de Dios con leyes eternas y atemporales pero que exigían su presencia constante en el mundo para conservarlo. «Dios es el Autor de todos los movimientos en tanto que son rectos... Dios es también el Autor de todas nuestras acciones en tanto que tienen alguna bondad» (4).

Malebranche, jefe de fila del cartesianismo en Francia, se hace más empírico y coloca a Dios como causa primera siendo los fenómenos una mera ocasión para la manifestación del poder divino. Las leyes naturales son causas segundas donde se manifiesta la voluntad de Dios. Dios es lo Absoluto en el conocimiento y en la acción mundanas.

Leibniz pone su énfasis en la *sabiduría* divina que ha hecho el mejor de los mundos posibles de acuerdo con el principio de lo mejor, de la conveniencia o de la armonía universal.

Hay pues una re-creación cartesiana, una «intervención milagrosa» en Malebranche y una creación perfecta en Leibniz.

Esbozamos a continuación las posturas de estos tres filósofos racionalistas.

Descartes estableció el cogito como primera verdad y después ha reconocido a Dios como objetivante de este mundo de certezas. Dios que es perfecto, incapaz de incurrir en contradicción, de engañar. Pero también es libre, es

Voluntad suprema. Voluntad que limita nuestra conciencia pues como dice en el # 31 de los «Principia», I, «Dios no nos ha dado todo lo que podía darnos y no estaba obligado hacerlo». Lo que conozco, lo conozco bien pero no conozco todo. Es el problema de la limitación del conocimiento racional que tendrá posteriormente tratamientos más rigurosos y específicos.

Pero centrándonos más, dentro de Descartes, en la cuestión propia de este apartado, es conveniente aclarar aquí su concepción del tiempo cuya naturaleza según se lee en el párrafo 21 de la 1.^a parte de los Principia «es tal que sus partes no dependen recíprocamente entre sí y nunca existen simultáneamente. Y así, del hecho que ya somos no se sigue que también seremos un instante después, a no ser que alguna causa precisamente la misma que primero nos produjo, no nos reproduzca en cierto modo continuamente, es decir, no nos conserve».

Y en otra parte dice: «La luz natural nos muestra claramente que la distinción entre creación y conservación es solamente una distinción de razón» (5). El tiempo es, discontinuo. Y la creación, en consecuencia, permanente.

Malebranche, en cambio, destaca el atributo fundamental de la libertad de Dios.

«Dios quiere sin cesar, pero sin variedad, sin sucesión, sin necesidad, todo lo que hará en la serie de los tiempos. El acto de su decreto eterno, aunque simple e inmutable, no es necesario, más que porque es» (6).

Con esta cita concilia nuestro autor libertad e inmutabilidad divina.

Malebranche, discípulo de Descartes, aunque crítico desde el cartesianismo, se separa de su maestro por su teocentrismo.

Que también se manifiesta en su teoría de la visión en Dios de origen agustiniano. «No creo que podamos explicar bien el modo en que la mente conoce una diversidad de verdades abstractas y generales, a no ser por la presencia de Dios, que puede iluminar la mente de una infinidad de maneras» (7). Y en cuanto al mundo sensible como admite también que la materia

(1) Ibidem, 217.

(2) ibidem, 254 n, 257.

(3) Confert G.P. III, 6.

(4) Descartes. Oeuvres A.T. XI, 46, 47.

(5) Meditaciones Metafísicas. Madrid. Alfaguara, p. 42.

(6) Malebranche. «Conversaciones sobre la metafísica y la religión. Madrid. Reus 1921, VII, IX. p. 133.

(7) Malebranche. «Recherche de la Verité». Paris. Gallimard, III, II, VI.

es sólo extensión vemos en Dios la idea de extensión inteligible, paradigma del mundo material, ya que Dios es la extensión infinita inteligible (1).

Descartes, en cambio, es más secularizante, dejando aparte su respeto con «la religión de su rey y su nodriza», dedicando sus ímpetus a la construcción de la ciencia.

Leibniz corrige a Descartes en su argumento ontológico y prueba su existencia a priori y a posteriori. De esta destacaremos aquí la basada en la armonía preestablecida. «Se tiene con ello asimismo una nueva prueba de la existencia de Dios de sorprendente claridad. Pues la perfecta concordancia de tantas sustancias que no tienen comunicación entre sí, no puede proceder sino de la causa común» (2). Y como dice en los párrafos 37 y 38 de su «Monadología», «la armonía entre dos Reinos Naturales (causas eficientes y finales) es también armonía entre la Naturaleza y la Gracia, entre Dios como Arquitecto y Dios como Monarca; armonía que conduce las cosas a la gracia por las vías mismas de la naturaleza». Es decir que hay un progreso interminable hacia el Dios infinito (3), síntesis de lo moral y lo natural.

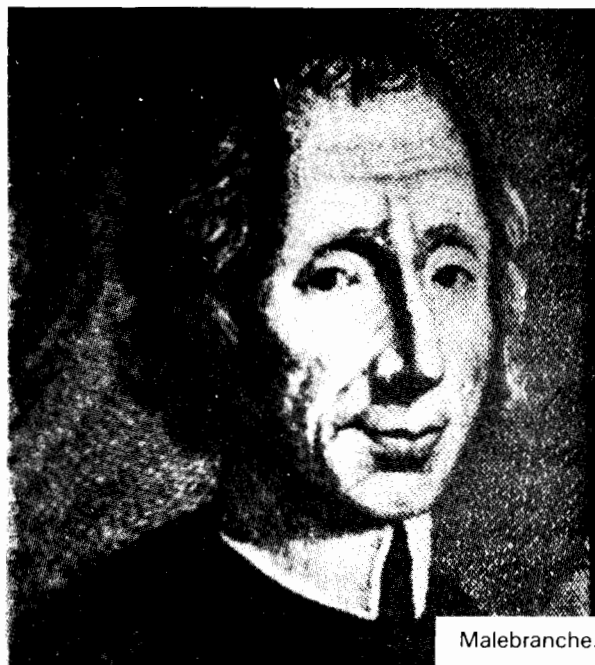
Con estas motivaciones teológicas se ha intentado reflejar uno de los puntos de vista que van a estar presentes en la polémica.

1.3 Motivaciones filosóficas

En el apartado 1.1, recopilación cronológica de los documentos donde se recoge literalmente la polémica, han aparecido los nombres de lo que hoy se llama científicos, es decir, sabios sin inquietudes metafísicas ni filosóficas.

Nos cumple ahora examinar las diversas corrientes filosóficas presentes en la querella. Corrientes que son más bien sub-corrientes o afluentes más o menos enriquecidos o críticos del gran movimiento filosófico racionalista.

Descartes. Según el «método», la extensión es el único ser de lo que percibimos como exterior, ya que es lo único que percibimos clara



Malebranche.

y distintamente. El cogito es el único ser del sujeto porque es lo único que percibimos clara y distintamente de él.

Pero Descartes da un notable viraje sustancialista en su obra posterior. En las «Meditaciones Metafísicas» (4) define la sustancia como el sujeto de propiedades, cualidades o atributos, «cosa en la cual existe formalmente o eminentemente lo que concebimos, o sea, lo que está objetivamente en algunas de nuestras ideas». Y como el nominalismo arrumbó la esencia o universal por considerarlo de origen empírico, es decir, algo válido para una multitud de objetos empíricos, ya no hay lugar para la distinción entre atributos esenciales y accidentales, por lo cual Descartes extiende la categoría de sustancia-atributo a sustancia-accidente.

La sustancia en que está inmediatamente insito el pensamiento es llamada aquí *mens* (espíritu).

La sustancia que es sujeto inmediato de la extensión y de sus accidentes (figura, situación, movimiento local, etc.) se llama *cuerpo* (5).

Y más adelante confirma lo ya logrado en su «método»: «espíritu y cuerpo son realmente distintos» (6).

(1) Malebranche. Conversaciones sobre la metafísica. Madrid. Reus, 1921, 26.

(2) Leibniz. «Sistema nuevo de la Naturaleza». Madrid. Aguilar, 1969, # 16, p. 38.

(3) Confert G.P. VII, 606.

(4) Madrid. Alfaguara 1977 p. 130.

(5) Obra citada p. 130.

(6) I b. 137.

Posteriormente, en los «Principios» da la clásica definición de substancia, «aquello que existe de tal modo que no necesita de ninguna otra para existir» (1). Concepto que no se aplica en el mismo sentido («analogía» medieval) a Dios y a lo creado. Substancia creada es aquella que no necesita para existir de otra cosa creada, y es conocida por sus atributos y específicamente por su atributo definitorio la extensión. Todos los demás están envueltos en ésta y son los modos. La figura es un modo de la extensión; así como la situación o el movimiento.

La res cogitans es totalmente ajena a toda extensión y totalmente independiente del mundo material extenso.

Hay dos modos de pensamiento: La percepción intelectual y la *determinación* por la voluntad. Son pocas las cosas que percibimos clara y distintamente; en cambio la voluntad (desear, odiar, afirmar, negar, dudar, etc) tiene un campo de acción prácticamente infinito ya que nada impide el asentimiento o no asentimiento salvo que pretendamos que lo sea sobre algo verdadero.

Como Dios es la substancia infinita su conocimiento y su libertad son infinitos y en El coinciden voluntad y entendimiento: Todo existe porque Dios ha querido. Las verdaderas matemáticas son necesarias porque así lo ha querido. La necesidad es voluntad divina.

Queda pendiente el problema de la comunicación entre estas dos instancias finitas que Descartes no aclaró muy consecuentemente. Es un tema que nos volverá a aparecer cuando tratemos del movimiento de los cuerpos (2). Aunque este problema sólo existe en el caso del hombre que es el único cuerpo dotado de alma (3).

Causas en Descartes: Solamente admite la final en lo moral: «Todas las cosas han sido creadas para gloria de Dios» (4). En su sistema filosófico sólo es válida la causa eficiente.

Hobbes. Precisamente la forma poco convincente de resolver el problema de interacción cuerpo-alma en el hombre constituyó la causa de las divergencias dentro del racionalismo car-

tesiano. El autor del Leviathan fue el primer materialista moderno.

El énfasis sustancialista de Descartes se acusa aquí aún más a favor de la extensión: Soy, luego soy cuerpo; cuerpo que piensa: El pensamiento mismo es un proceso material. El único conocimiento consiste en que el pensamiento sea afectado por la cosa. Estamos ante un positivismo sensorial.

Su filosofía, o ciencia universal como él la llama, tiene como objeto la totalidad de los hechos dados en la percepción y como objetivo el conocimiento de las causas. Ahora bien como la percepción sensorial no constituye ciencia, y en esto está de acuerdo con Descartes, admite que el entendimiento maneja convenciones, designaciones nominales que representan las cosas (un nominalismo científico). «El objeto de nuestras operaciones lógicas, a pesar de la permanencia de las cosas, no son sino nuestras representaciones» (5). Conocemos con certeza únicamente mediante las ciencias que construyen y producen en la mente, es decir, avalado por las matemáticas, con rigor lógico-matemático y contrastando los resultados con la experiencia; manejando espacio, tiempo, número y movimiento abstraídos de los fenómenos de los cuerpos en movimiento. En el mundo físico todas las partes se hallan condicionadas casualmente según leyes físico-matemáticas y los estados internos de conciencia, que también son movimiento corpóreo, también están vinculados a esa conexión causal.

La política es la mecánica de los cuerpos sociales, cuya misión debe consistir en establecer un orden jurídico racional mediante una voluntad unitaria que regule los egoísmos individuales.

Hobbes es un causal-mecanicista a ultranza tanto en lo natural como en lo moral. Excluye todas las causas excepto la eficiente.

Malebranche. El ocasionalismo de Arnold Guelincx es otra variante al dualismo sustancialista de Descartes. No hay acción causal de los modos de una sustancia finita sobre las de otra. Todo obedece a la voluntad de Dios: El pinchazo no es la causa del dolor sino la *ocasión* con la que Dios ha querido que en mi mente se pro-

(1) Ob. citada, II, # 51.

(2) Conferencia «Las pasiones del alma». AT XI, # 34, 41, 43, 44.

(3) Tratado del hombre AT XI, p. 130, 181, 196-197; AT III, 665-688. Discurso del Método AT VI, 58, 59.

(4) AT III, 431.

(5) The English works of Thomas Hobbes. London. John Bohn. 1839. Part first. Chap 6.

dujese la sensación de dolor. Análogamente cuando un cuerpo choca contra otro tampoco produce movimiento: El movimiento resultante sigue las leyes de la naturaleza establecidas por Dios libre y espontáneamente.

Malebranche, que tiene una gran influencia de S. Agustín, enfatiza hasta el extremo el papel de Dios. Si Dios ha puesto las verdades matemáticas en el hombre, es porque Dios es el ámbito de las ideas y nuestra percepción es una visión en Dios. Las verdades matemáticas, las leyes de la extensión las conocemos en la Extensión Infinita Inteligible. La percepción cartesiana no es percepción mental humana sino presencia de Dios en nuestra alma, pues nada creado es independiente de Dios en su desarrollo, acción o conocimiento. Nuestra mente está en Dios, lugar de los espíritus y desde ahí inferimos el conocimiento de la materia, o sea, de la extensión y de sus modos.

Todas las causas no son ya sino ocasiones de producción a través de la voluntad de Dios.

No admitirá las ideas innatas pues Dios accede directa y económicamente a la mente humana.

«Como las ideas de las cosas que son en Dios encierran todas sus propiedades quien ve estas ideas puede ver sucesivamente todas sus propiedades; porque cuando se ven las cosas tal como son en Dios se les ve de una manera tanto más perfecta cuanto más infinito sea el espíritu que allí las ve. Nuestro conocimiento incompleto de la extensión, figuras y movimientos no es, de ningún modo, defecto de la idea que representa sino de nuestra mente que la considera» (1).

No ocurre igual con el alma que no conocemos por su idea pues no la vemos en Dios: Solamente la conocemos por «conscience», por conocimiento interior, lo que Malebranche llama «sentimiento» y que no es claro y distinto, antes bien confuso: *No tenemos idea clara del alma* (2).

También es importante destacar en Malebranche el papel de los sentidos.

«Estando compuestos de cuerpo y alma, tendremos a buscar lo bueno para ambos. Y así

podremos reconocer si una cosa es buena o mala de dos modos: Mediante el uso de la mente o por el de ésta unida al cuerpo» (3). Los sentidos son pues necesarios y además, quíerese o no, ahí están. Y a continuación nuestro autor de una regla para evitar el error sensorial: «De ne juger jamais par les sens de ce que les choses son en elles mêmes, mais seulement du rapport qu'elles ont avec notre corps» (4).

Ya que no nos han sido dados para conocer la verdad de las cosas sino para conservar el cuerpo (5).

Leibniz. Es muy escasa la obra filosófica completa de este autor. Su obra más voluminosa es la Teodicea, seguida de los Nuevos Ensayos. En cambio son numerosísimos sus escritos breves y sus cartas a las que es muy aficionado como sustituto del «teste a teste» que le impide su alejamiento de París y Londres. No tiene obras fundamentales sino una enorme cantidad de escritos breves, con los que no hizo nada después de redactarlos, pero que son, en realidad, fundamentales.

B. Russell dice que hay dos filosofías en Leibniz. La exotérica: «Optimista, ortodoxa, fantástica y superficial»; y la esotérica, oculta en sus manuscritos, «profunda, coherente, en gran medida spinozista y asombrosamente lógica» (6).

En Leibniz lo verdadero es lo posible, sinónimo de construible en la mente, de concebible; lo que exige que tenga una esencia, una realidad cartesiana. Y la posibilidad de algo se muestra construyéndolo a partir de conceptos más primitivos.

La verdad de un juicio consiste en que el concepto predicado se halle contenido en el concepto sujeto: la esencia o «qué» del predicado se halla contenida en la del sujeto (7).

Estas son las verdades supremas, que engloban el principio de identidad y el de contradicción, y Leibniz las denomina verdades de razón. Pero también existe lo extramental, lo concreto, y hay que dar razón de ello mediante el análisis, descomponiendo su percepción en ele-

(3) Ib. I, V, p. 48-49.

(4) Ib. p. 53.

(5) Confert Conversaciones sobre la metafísica y la religión. Madrid. Reus 1921 p. 87.

(6) Historia de la Filosofía Occidental. Madrid. Espasa Calpe 1971 tomo, II, 203.

(7) Confert «Monadología» 18 Oviedo. E. Basilisco p. 101n; GP # 8.

(1) De la recherche de la verité. París, Gallimard 1979 III, II, VII, III.

(2) Ob. cit. III, II, VII, IV.

mentos más simples intentando su construcción a partir de ellos.

Es decir, ante una verdad de hecho hay que remontar el camino (análisis) de su construcción en un proceso infinito. Esta potencialidad de las verdades de hecho para convertirse en verdades de razón se apoya en un nuevo *principio causalista racionalista*: «El principio de que ha de ser dada una razón suficiente». La razón, suficiente, efectivamente, no es la causa eficiente o agente sino el fundamento de la construcción mental, del concepto que se anda buscando. En el racionalismo todo ha de poder ser construido, la mente es lo ontológico, la donadora de realitas.

El principio de razón suficiente lo enunció por vez primera en su «Theoria motus abstracti» (1671) (1) bajo la forma «nihil est sine ratione» aunque también lo denominó principio de la Armonía, de la Conveniencia (2) y de lo Mejor (3).

Esta concepción se encuentra en la base de su invención del cálculo infinitesimal. La función que expresa matemáticamente una curva *contiene de antemano* en sí todas las particularidades de la curva que pueden ser deducidas de la función en sí mismo sin recurrir a la extensión espacial, a su trazado. La derivada

$$\lim \frac{\Delta y}{\Delta x} = y'$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

de la función $y = f(x)$ es un número expresable dependientemente de x y sin embargo no es una extensión (suma de magnitudes) ni una relación entre extensiones pues valdría, $\frac{0}{0}$, nada determinable; pero resulta algo real, determinable y que expresa la *ley de construcción* de la curva en cuestión.

El cálculo de derivadas arranca de la ecuación cartesiana de la curva $y = f(x)$, pero interpreta su construcción de un modo diferente al cartesiano donde aquella es la suma de los infinitos puntos « x e y » que respetan su ecuación. Ahora la función es anterior lógicamente a la extensión espacial, es la ley lógico-matemática de su

producción mediante un procedimiento matemático, la derivación, que nos permite conocer sus máximos y mínimos, puntos de inflexión, comportamiento en el infinito de cada una de sus variables, etc.

Una curva ya no es la suma o acumulación de sus puntos (el elemento geométrico más simple cartesiano) ya que por ejemplo una recta queda definida por dos puntos aunque conste de infinitos; sino que consta de momentos lógicos, de elementos conceptuales.

La definición genética ya no opera en Leibniz. Una fórmula matemática es una ley, una determinación que *contiene de antemano* todas las propiedades que encierra su expresión. El sujeto (fórmula) contiene el predicado. La causalidad y el movimiento son desarrollo racional de lo contenido en la esencia (esencia conceptual, no un universal de rasgos o notas comunes). La realidad es por tanto, y aquí enlaza voluntariamente con Aristóteles, potencialidad racionalista, fuerza, *vis*. Su esencia es la *vis* primitiva que contiene y pre-envuelve los estados posteriores, las vires derivativas. «*Vis autem derivativa est ipse status praesens dum tendit and sequentem seu sequentem prae-involvit, uti omne praesens gravidum est futuro*» (4).

Y por eso condena la extensión cartesiana a ser infinitamente divisible, suma de sumas, en donde no se llega a nada. Frente a ello se opone los puntos metafísicos con constituyentes últimos de la realidad. De nuevo asume aquí, conscientemente, las formas escolásticas y el *eidos* griego. Consecuentemente el papel de lo simple pierde su valor cartesiano y es no ya parte analizable (descomponible) sino concepto que ayuda a la construcción racional de lo complejo: Las partes extensas no siempre son más simples (conceptos más primitivos) que el todo aunque sean más pequeñas.

En una «lengua racional» por ejemplo, lo simple serían los semantemas; y la sintaxis serían las leyes lógicas de construcción de aquellas ideas simples.

Pasemos ahora a la reconstrucción leibniziana de la *sustancia* introducida en la modernidad por Descartes, para lo cual enlazará con la tradición escolástica. Siendo la sustancia lo «que

(1) GP IV, 232.

(2) GPI, 346.

(3) GPI, 358.

(4) G.P. II, 262.

es» el sujeto de una predicación accidental o atributal, todo lo que pueda decirse del sujeto tiene que estar incluido en el concepto del mismo como dijimos más arriba. «El predicado, si la proposición no es idéntica, es preciso que esté comprendido virtualmente y es esto que los filósofos llaman in-esse, cuando dicen que el predicado es en el sujeto. Así, es preciso que el término del sujeto encierre siempre el del predicado, de modo que quien entendiéndose perfectamente la noción del sujeto juzgaría también que el predicado le pertenece» (1).

En este párrafo se separa de Descartes: «Otros se imaginan que Dios no hace más que conservar la fuerza que ha dado a las criaturas»; y de Malebranche: «porque hay quienes creen que Dios hace todo» (Dios es la causa y lo creado no son más que ocasiones).

Y Leibniz va a definir la naturaleza de los seres creados o sustancias individuales. Su tesis es que Dios comunica a lo creado no solamente su ser sino también un cierto poder y actividad. Y llega a ello a través de la lógica, como ya hemos insinuado antes; de la matemática al hacer su crítica de la extensión o magnitud y reducir sus leyes a fórmulas que encierran su determinación, tema también esbozado más arriba; y de la física del mundo material (sesgo aún no utilizado aún y que tocaremos posteriormente). Y en el mismo párrafo citado del «Discurso de Metafísica» coloca un ejemplo muy ilustrativo sobre el sujeto Alejandro Magno. «Dios viendo la noción individual de Alejandro, ve en ella al mismo tiempo el fundamento y la razón de todos los predicados que se pueden decir de él..., hay desde siempre en el alma de Alejandro restos de todo lo que ha ocurrido, y las marcas de todo lo que le ocurrirá...» (2). Como puede observarse la sustancia ya no es la cartesiana pues le añade a su relativa autarquía y simplicidad una realidad compleja, que determina por sí misma todo su ser y devenir.

La sustancia es la mónada que posee una individualidad propia totalmente determinada. La diferencia entre ellas será una diferencia de grado de tipo matemático según la Ley de Continuidad que desarrolla en el «principio general»

que mencionamos en el apartado 1.1, puntos 16 y 17 que forman parte de la exposición de Documentos de este trabajo.

El devenir de la sustancia individual obedece a una razonabilidad, a una contingencia regida por el principio de razón suficiente cuyo conocimiento, como dijimos requiere un análisis infinito hasta desembocar en la voluntad de Dios como causa última y que es quien únicamente las entiende y conoce, al haberlas creado de acuerdo con su sabiduría divina.

Se opone a esto el análisis finito que puede realizar el hombre para conocer las verdades de razón que obedecen a la necesidad, a la contradicción y que dependen, en este caso, del entendimiento divino en contraste con las anteriores que respondían a la voluntad de Dios.

La materia no puede reducirse a extensión, pues al ser infinitamente divisible nunca se llegará a elementos simples. La verdadera composición de lo real son las mónadas, lo que anteriormente llamamos puntos metafísicos o conceptuales. Esta composición de infinitas mónadas, en lo material define precisamente a lo material frente a lo espiritual: La indiferencia a las delimitaciones, la *continuidad*, y gnoseológicamente su carácter claro pero confuso al ser inanalizable al no poder delimitar o separar sus caracteres.

Como las mónadas están incomunicadas, la única ligazón entre ellas es la armonía universal, la unidad en la pluralidad.

Como las verdades necesarias o de razón no dependen de la voluntad de Dios (son o proceden de su entendimiento) queda el problema de la contingencia del mundo. Y más aún, «¿por qué hay algo más bien que nada?» (3).

«Pues la nada es más simple y más fácil que el algo. Además, supuesto que deban existir cosas, es preciso que se pueda dar razón de que deban existir así o no de otra manera» (4).

No se puede encontrar en la materia indiferente al movimiento y al reposo, pues no daría la razón de su movimiento. Y en todo caso cada movimiento remitiría al precedente in-

(1) Discours de Metaphysique et correspondance avec Arnauld. Paris. Vrin, 1970, # 8, p. 43.

(2) Ob. cit. # 8.

(3) GP VI, 602 «Principios de la Naturaleza y de la Gracia» (GP VI, 598-606). Sobre certeza metafísica y contingencia fenoménica vid Lo-see, J. «Introducción histórica a la Filosofía de la Ciencia». Madrid. Alianza 1976. p. 109-110.

(4) Ib.

definidamente. Por tanto la razón suficiente, que no tenga necesidad de otra razón, debe estar fuera de estas cosas contingentes y en una sustancia que sea la causa o que sea un ser necesario que contenga la propia razón de su existencia. «Y esta última razón se llama Dios» (1).

«La Perfección Suprema de Dios ha escogido el mejor Plan posible» (2).

«La Sabiduría Suprema ha escogido las leyes del movimiento más ajustadas, y convenientes a las razones abstractas o metafísicas... Porque he hallado que es necesario recurrir a las causas finales y que estas leyes no dependan en absoluto del principio de la necesidad como las verdades lógicas, aritméticas y geométricas, sino del principio de la conveniencia, es decir, de la elección de la sabiduría» (3).

Por eso dijo: «Cum Deus calculat et cogitationem exercet, fit mundus» (4), para expresar que todo sea una verdad de razón.

Como *colofón* de estas motivaciones filosóficas podemos hacer un brevísimo parangón de algunos puntos importantes de la doctrina de los autores examinados.

Sustancia

Descartes dio un viraje sustancialista y estableció un dualismo de sustancias independientes.

Malebranche vincula las dos sustancias cartesianas directa e inmediatamente a Dios.

Hobbes establece el monismo materialista.

Leibniz cuenta con infinitas sustancias armonizadas por la Sabiduría.

Conocimiento

Descartes se basa en una gnoseología de la certeza.

Malebranche admite varios tipos de conocimiento: 1) A Dios le conocemos por El mismo. 2) Tenemos idea verdadera de la extensión o materia y en Dios. 3) Del alma sólo tenemos consciencia o sentimiento interior. 4) Las almas de los demás las conocemos por conjetura.

Hobbes admite un sistema convencional regido por la lógica-matemática y avalado por la experiencia.

Leibniz distingue conocimiento necesario y contingente. Introduce la posibilidad en lugar de la idea verdadera. Argumenta contra Malebranche la duda sobre la posibilidad del conocimiento de los cuerpos si no podemos, según él, tener idea del alma; teniendo en cuenta que Descartes, su maestro, afirma la idea clara de ambos (5).

Causalismo

Descartes sólo admite la causa eficiente. La final sólo en lo moral.

En Malebranche desaparecen las causas que son reemplazadas por la ocasión. Sólo quedan causas segundas. La causa final impera en lo religioso. Dios es la Causa Absoluta.

Hobbes maneja la causa eficiente y material. Introduce los términos de causa entera y efecto total que asumirá Leibniz.

Leibniz establece causa eficientes en lo natural y finales en lo espiritual en una armonía total en los dos ámbitos.

Física y metafísica

Descartes, Malebranche y Leibniz construyen su física desde principios metafísicos racionalistas.

La inmutabilidad, la voluntad o acción directa y la sabiduría son los tres atributos fundamentales de Dios que sirven, respectivamente, de apoyo a sus sistemas.

Malebranche reprocha a Descartes que cuantifique la inmutabilidad de Dios (6).

Leibniz admite una dinámica mundana impresa por Dios.

1.4. Motivaciones físicas

Galileo (1564-1642) está considerado indiscutiblemente como el fundador de la física-matemática moderna.

(1) Confert Ob. cit. # 8; GP VI, 602.

(2) Ib # 11 p. 603.

(3) Ib # 11 p. 603.

(4) GP VIII, 191 n.

(5) GPI, 352; GP III, 48.

(6) O.C. XVII-1, 212, 213.



Grabado extraído del libro «Vie des savants» por Louis Figuier, París 1870. (Biblioteca de la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Madrid).

El mundo tiene, para él, una estructura matemática y ha sido creado por Dios, que se manifiesta por vía de la Revelación y a través de la Naturaleza. Es a ésta a quien hay que inquirirle en primera instancia para intentar deducir demostrativamente la causa de los fenómenos, su explicación; y contrastar los resultados con lo expuesto en los libros sagrados.

En Galileo hay subyacente una metafísica de base matemática. Como en Platón, hay un mundo ideal, un cosmos noético y un mundo sensible remedo de aquel. El objetivo es descubrir las relaciones y la estructura de las *esencias* de los objetos sensibles.

Tuvo una nítida influencia pitagórica y platónica a pesar de la concepción nominalista sobre la causalidad y la sustitución de la búsqueda de esencias por el estudio del comportamiento fenoménico que también pesaron bastante en su formación y trabajos.

Podemos resumir así las aportaciones más importantes de Galileo:

1. Es el fundador de la física-matemática.
2. Es el fundador del método experimental por el cual la mente interroga a la Naturaleza para ver si cumple los supuestos matemáticos previos.
 - 2.a) Maneja entes de razón, geométricos y esquemas mentales previos sobre ellos.
 - 2.b) Descubrió la aceleración constante en la caída libre de los cuerpos.
 - 2.c) Establece el principio de conservación de la materia como un postulado científico.
3. Matematiza la experiencia reduciendo todo a magnitudes: materia, velocidad, aceleración, fuerza.
 - 3.a) Espacio y tiempo son magnitudes puras absolutamente uniformes, infinitos, sin puntos ni momentos privilegiados. Son la magnitud espacial y la temporal dentro de las

cuales ocurren todos los fenómenos.

- 3.b) Quedan excluidas de la nueva física las cualidades secundarias (color, sonido, olor, etc.), como propiedades subjetivas. No queda más que la materia como elemento constitutivo de la realidad.
- 3.c) El movimiento es la distribución espacial y temporal de la materia.
4. Enuncia el principio de relatividad del movimiento.
 - 4.a) Reina una uniformidad total en el universo: Todos los puntos del espacio son iguales, todos los instantes son iguales, todas las partículas de materia tienen los mismos derechos.
5. La matemática es la estructura general de lo objetivamente real (decimos objetivamente para eliminar lo subjetivo, las cualidades secundarias).
6. Practica constantemente el método resolutivo-compositivo, traducción de los términos griegos análisis y síntesis.
7. Sus leyes del movimiento son:
 - 7.a) La velocidad de caída de un cuerpo es independiente de su masa.
 - 7.b) La velocidad de caída de un cuerpo es independiente de su naturaleza.
 - 7.c) La velocidad adquirida por un cuerpo que cae libremente; a partir de estado del reposo, es proporcional a los tiempos.
 - 7.d) Los espacios recorridos son proporcionales a los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.

Pues bien; a pesar de esto veamos la opinión de Descartes sobre Galileo en una carta a Mersenne comentando el libro «Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias»:

«Mi reverendo padre:

Comenzaré esta carta con mis observaciones sobre el libro de Galileo. Encuentro en general que filosofa mucho mejor que el vulgo porque

se aparta lo más que puede de los errores de la Escuela y trata de examinar las materias físicas mediante razones matemáticas. En esto estoy enteramente de acuerdo con él y sostengo que no hay ningún otro medio para encontrar la verdad. Pero me parece que falla mucho porque hace continuamente digresiones y no se detiene a explicar completamente una materia, lo que muestra que no las ha examinado por orden y que sin haber considerado las primeras causas de la naturaleza sólo ha investigado las razones de algunos efectos particulares y así ha construido sin fundamento. Ahora bien, en cuanto su manera de filosofar es más próxima a la verdadera tanto más fácilmente se pueden conocer sus faltas, así como se puede decir mejor cuándo se extravían los que siguen a veces el camino recto que cuando se pierden los que nunca lo siguieron» (1).

De esta cita destacaremos «sin haber considerado las primeras causas de la naturaleza» porque para Descartes es la metafísica la que explica y contiene a la física. Así lo dice en el Discurso del Método: «he advertido ciertas leyes que Dios ha establecido de tal manera en la naturaleza y cuyas nociones ha impreso en nuestras almas que, después de haber reflexionado bastante en ellas, no podríamos dudar de que son observadas exactamente (2).

En las «Meditaciones metafísicas» señala que el rigor del método científico le llevó a cuestiones metafísicas (3).

Y como resume bien Dugas: «La física de Descartes, debe comprenderse a la luz de su metafísica» que contiene los principios del conocimiento, los atributos de Dios, la inmaterialidad del alma y todas las nociones claras y distintas». También Descartes comienza en su «Principia» por una primera parte que contiene el meollo de las Meditaciones, pero que no dispensa de leerlas (4).

Una vez establecido el fundamento metafísico de su física pasaremos a exponer su concepción de ésta.

Ya en 1638 advierte que su Física no es otra que Geometría (5). Lo que ratificará en 1644,

(1) AT II, 380.

(2) AT VI, 41. Conferencia AT I, 145: Principia II, # 36.

(3) Alfagura, 1977, # 10 p. 336.

(4) La mécanique au XVII^e siècle. Neuchâtel. Griffon 1954 p 176.

(5) AT II, 268.

en su obra más madura; explicita esta afirmación en el último artículo de la segunda parte de los Principios, identificando una vez más materia con extensión o magnitud «y en esta materia no considera sino sus divisiones, sus figuras y sus movimientos..., de este modo se puede dar razón de todos los fenómenos de la Naturaleza» (1).

Así pues tenemos la extensión como sustancia de lo corpóreo y sus modos son la figura y el movimiento.

El vacío queda excluido pues cuando la Física habla de vacío se refiere a algo que no presenta ni color, ni peso, ni otras propiedades pero lo cierto es que es extensión sin otros accidentes que pueden encontrarse en otros cuerpos. No hay pues, vacío: Solo presencia o ausencia de determinadas propiedades que son accidentes, es decir, que no forman parte de la noción de cuerpo (2).

«No hay, pues, sino una misma materia en todo el Universo y sus propiedades se reducen a su divisibilidad y movilidad según sus partes» (3).

«... Cuando una parte de la materia se mueve dos veces más deprisa que otra, y ésta es dos veces mayor que la primera, debemos pensar que hay tanto movimiento en la mayor como en la más pequeña (4). En lenguaje de la época:

$$1A2 = 2B1$$

La cantidad de movimiento es pues m/v , tomando la velocidad en valor absoluto, como magnitud no orientada.

Consciente de ello Descartes distingue la *fuerza* o potencia moviente m/v y la *dirección* o *determinación* del movimiento. Estos son sus dos modos, aunque solamente se conserva el primero, la fuerza, la cantidad de movimiento. (5).

Huygens encontró que en la argumentación utilizada en la Dióptrica (6) había un paralogs-

mo al no tener en cuenta la referencia mutua de la fuerza y la determinación (7).

Pero dejando el análisis detallado de las leyes y reglas del movimiento para otro apartado posterior, resumiré con lo aquí dicho, las concepciones físicas de Descartes.

Avanzando sobre los enfoques de Galileo, Descartes da una mayor amplitud a la noción de materia de aquel, considerando que el mundo corpóreo es un sistema cerrado mecánicamente pues según dice en los «Principia» Dios creó el mundo con una cantidad de movimiento determinada y la mantiene constantemente, o lo que es lo mismo, cualquier cuerpo o partícula material no necesita ni acepta en su movimiento, más que principios o causas mecánicas. Cualesquiera intervención de tipo mental o espiritual quebraría esta Ley de Conservación.

Para Descartes no hay más que dos sustancias finitas: la extensión sintetiza el atributo fundamental de los cuerpos sensibles. La materia así entendida está rodeada de más materia que arrastra en su movimiento o choca contra ella gracias a la impenetrabilidad. Por eso su Mecánica es una mecánica de cuerpos en contacto directo, es una cinemática de choques. Y es a la luz de este enfoque material, consecuente con todo su sistema filosófico, como hay que entender su mecánica dando en ella una absoluta prioridad a los impactos de los cuerpos entre sí. Si su concepción física es cierta lo será debido a la rectitud de sus famosas siete leyes de los choques.

De otro lado la inmutabilidad de Dios mantiene todas las leyes que dictó a la materia creada, de las cuales la más importante deriva de a conservación ab aeternum del movimiento impuesto a los cuerpos, cuya suma global no podrá variar por esa inmutabilidad divina y en donde sólo el libre juego de las colisiones o choques hará cambiar la cantidad de movimiento de cada cuerpo particular por su interacción directa con los demás. Pues bien, tras la redacción de sus leyes de la Naturaleza, Descartes recibió numerosas y fundadas críticas por no responder a los más elementales experimentos. Como es habitual en él desestimó contundentemente todas estas contradicciones basadas en observaciones experimentales concediendo más

(1) Principia II, # 64.

(2) Confert Principia, II, # 16-22.

(3) Op. cit. # 23.

(4) Ib, # 36.

(5) Confert A.T. VII, 94.

(6) Ib, idem.

(7) AT II, 465-468.

fe a sus principios racionales que a los sentidos (1). Y en el principio siguiente, #53, intenta justificar esta discordancia de sus leyes con los experimentos mediante la acción interpuesta entre los dos cuerpos chocantes de materias plásticos o líquidos. Son éstas las que falsean las precisiones racionales: sus Leyes se mantienen.

Años más tarde, Malebranche jefe de fila de cartesianismo en Francia aceptará todas las leyes de su maestro hasta que Leibniz con argumentos físicos y metafísicos, le convenza de su error. Esto supondrá la quiebra de la física cartesiana y la necesidad de tener que adoptar otras leyes para la comunicación de los movimientos y en consecuencia otros principios de conservación que respeten el principio de identidad en el mundo físico.

Las aportaciones mecánicas básicas de Descartes son:

- El principio de inercia de la materia.
- La Ley de conservación de un modo del movimiento. Si hubiera tenido en cuenta la dirección de la velocidad que interviene en la cantidad de movimiento esta ley incluiría al principio de inercia ya que en ausencia de otros cuerpos más sería constante, lo que implicaría un movimiento rectilíneo uniforme.
- Una ley sintética referente a la colisión de dos cuerpos donde expresa sin más cautelas la ley anterior al caso del encuentro de un sistema aislado formado por dos cuerpos. Entonces.

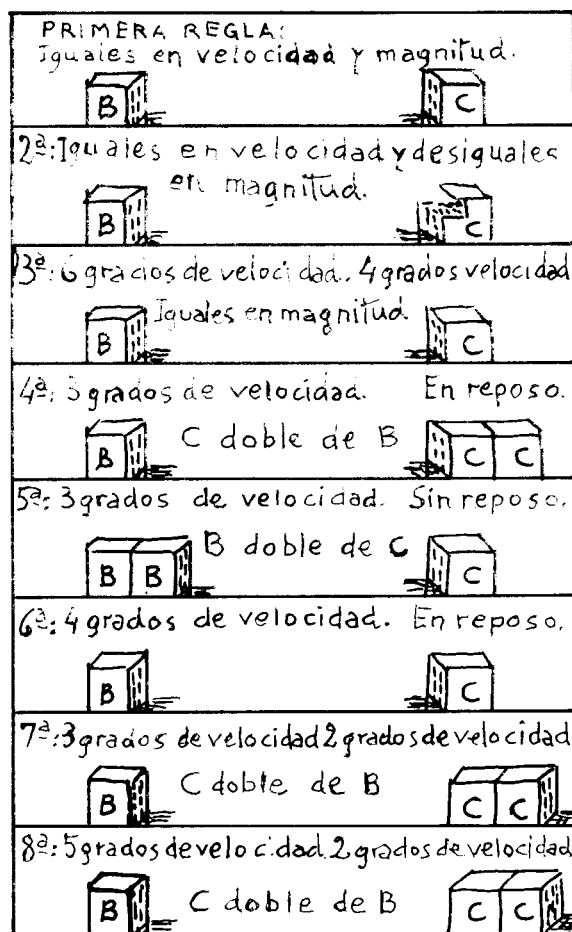
$$m/v_o/ + m'/v'_o/ = m/v_1/ + m'/v'_1/$$

Si uno de los cuerpos es muy fuerte queda inalterado, $y/v_1/ = /v_o/$ pero con la determinación perdida. Lo que quiere decir que rebota con la misma velocidad que tenía antes de la percusión.

Si el segundo cuerpo es menor se reparten la fuerza total disponible previa antes del choque, moviendo el primero al segundo.

«Las causas particulares de los cambios que sufren los cuerpos están todas comprendidas en

esta regla» (2). Como se ve es un clarísimo ejemplo de inferencia abstracta que ya comentaremos durante el estudio detallado de la polémica en sí. De aquí resultan las siete reglas de



choque de los cuerpos representados en la figura adjunta.

- Un esbozo teórico de las características de la materia (dureza, blandura).
- Un esbozo teórico de la extensión o materia fluida (3).

Los puntos oscuros de su teoría física, a nivel de fundamentos, son: la identificación de extensión y materia, una visión parcial del movimiento caracterizado por su velocidad, una inconcreción en su teoría de la solidez de los cuerpos y una contradicción con su concepción de la relatividad del movimiento.

(2) Principia # 40.

(3) Confert Mouy. Le développement de la Physique cartésienne. Paris. Vrin. 1934, pp. 24-25.

(1) Principia, AT VIII, # 52.

Malebranche. Este filósofo, hay que reconocerlo, ha sufrido hoy en día, una injusticia en cuanto al rango y papel que le corresponde en la evolución del pensamiento científico. Lo cierto es que el cartesianismo, plagado de errores físicos y de inconsecuencias, sobrevivió manteniendo sus principios metafísicos y corrigiendo aquellos fallos gracias a muy escasas figuras, críticas desde el sistema por supuesto, entre las cuales ocupa Malebranche un papel principal. Y todo es el resultado de su acendrado teocentrismo unido al gran respeto por la filosofía cartesiana. Decimos respeto que no sumisión o dócil exégesis.

Para ver a Dios en el mundo es necesario unir fe y razón. El mundo es contingente, es un hecho histórico. Y como las verdaderas causas son las leyes de Dios, las leyes naturales, entre las que destaca la ley de la comunicación del movimiento, según leyes dadas no deductibles. ¿Qué papel le corresponde a la inteligencia finita humana? Ante Causa tan alejada, solamente la indagación a través de la relación entre los hechos o fenómenos. (Positivismo avant la lettre).

«... la fuerza motriz de un cuerpo movido, no es sino la voluntad del Creador que lo conserva sucesivamente en diferentes lugares; no es una cualidad que pertenezca a este cuerpo, nada le pertenece más que sus modalidades, y las modalidades son inseparables de las sustancias.

Luego los cuerpos no pueden moverse los unos a los otros, y su encuentro o choque, es solamente una causa ocasional de la distribución de su movimiento» (1).

Con respecto a las leyes naturales del movimiento, Dios ha escogido *las más simples*. Ha querido... que todo cuerpo movido se mueva, o tienda a moverse en línea recta» (2).

«... que un cuerpo movido va siempre completamente derecho, pero que la impenetrabilidad obliga al motor al cambio; que sin embargo, no cambia sino lo menos posible» (3).

«Es contradictorio que un cuerpo no esté ni en reposo ni en movimiento. Todo cuerpo está en reposo cuando tiene la misma *relación de*

distancia con los otros; y está en movimiento cuando ésta relación cambia sin cesar. Ahora bien, es evidente que todo cuerpo cambia o no de relación de distancia. No hay término medio» (4).

«Ahora bien, la voluntad de Dios es la que da la existencia a los cuerpos... cuya existencia no es, en verdad necesaria... Luego esta voluntad es la que pone a los cuerpos en reposo o en movimiento... no sabrías concebir que un determinado cuerpo existe sin que la relación que tenía con los otros cambie o no cambie» (5).

«Dios no puede querer que exista este sillón..., sin que lo sitúe aquí, allí o en otra parte. Luego es contradictorio que un cuerpo pueda mover a otro» (6).

«Supuesto esto, concibamos que esta bola sea movida, y que en la línea de su movimiento, encuentra a otra bola en reposo: la *experiencia* nos enseña que esta otra será indefectiblemente movida, y según ciertas proposiciones *siempre exactamente observadas* (7).

Como la fuerza motriz no es sino la voluntad del Creador, no es la primera la que mueve a la segunda.

«No cambia en el encuentro de los cuerpos la dirección sino lo menos posible y yo creo que no cambia jamás la cantidad de fuerza motriz» (8).

«Sobre estos principios están apoyadas las leyes generales de las comunicaciones de los movimientos, según las cuales Dios obra sin cesar» (9).

La materia es móvil esencialmente. Tiene por su naturaleza una capacidad pasiva de movimiento (10).

Malebranche, de un lado, identifica verdad (aritmética o geométrica, las únicas ciencias exactas) con relaciones reales e inteligibles.

Y así avanza sobre Descartes al concebir el espacio como extensión inteligible, como un sis-

(1) Conversaciones sobre la metafísica y la religión. Madrid. Reus 1921 p. 136.

(2) Ob. cit., 218, 219.

(3) Ib.

(4) Ob. cit., p. 129.

(5) Ob. cit. p. 130.

(6) Ob. cit. p. 134.

(7) Ob. cit. p. 136.

(8) Ob. cit. p. 137.

(9) Ib.

(10) Ob. cit. p. 138.

tema de relaciones (1). Y al ser la materia esencialmente móvil y no poder comunicar movimiento queda, como bien dice Mouy, (2) como principio metafísico del ocasionalismo en la ciencia la ley de inercia.

Los únicos fenómenos que podemos observar son la materia y el movimiento. Todo lo demás es obra de Dios. Así rechazará constantemente el concepto y término de fuerza como un valor físico operado en la mecánica ya que ésto acarrearía admitir algo de divino en los cuerpos. Las fuerzas son ficciones extraídas de nuestros sentidos.

Esto influyó en Berkeley, Hume, D'Alembert y Maupertuis como figuras más importantes (3). La «fuerza» tiene en Malebranche el mismo estatuto gnoseológico que la idea de nuestra alma: pertenece al grado de conocimiento que él denomina «sentimiento interior» como dijimos en el apartado 1.3.

Puede afirmarse que la división de Malebranche entre una extensión inteligible (basada en relaciones de distancia) y la extensión sensible o mundo; la primera eterna, infinita y necesaria y la segunda sujeta al libre deseo de Dios remite toda la causalidad fuera del mundo sensible, y permitió el futuro criticismo empirista de la causalidad. Y por eso mismo condena a «este impío de nuestros días que formaba su Dios del universo» aludiendo a Spinoza (4).

Es esta postura «positivista» de Malebranche la que le permite, sin renunciar su adhesión a la esencia del cartesianismo, ir aceptando sucesivamente modificaciones en sus Leyes de la comunicación de movimientos que publicó inicialmente con ligeras modificaciones de las siete reglas de Descartes al final de su «Recherche de la Verité», modificaciones que como veremos le fueron sugeridas por Leibniz, el más consecuente de los racionalistas, a lo largo de un copioso intercambio epistolar científico filosófico.

Podemos decir que Malebranche mejoró el concepto de espacio de Descartes considerado

como un éter absoluto, duro o fluido, (5) convirtiéndolo en un ámbito geométrico flexible y estructurado y como abandonó la construcción de una física puramente metafísica, basada en aprioris sin el menor contenido empírico, contribuyó a un mejor conocimiento de las leyes de la naturaleza: leyes del movimiento dentro del plenum cartesiano; más acordes con los resultados experimentales; futura teoría del éter como espacio de relaciones y se adelantó a la moderna teoría de los campos mediante sus estudios sobre la luz y la gravedad como propiedades intercambiabiles del medio (6).

Hobbes. Ya hemos expuesto en el apartado 1.3 sus concepciones filosóficas. Es propio de éste ahondar más en las repercusiones del mismo sobre la evolución del conocimiento físico.

La filosofía se ocupa de las causas y propiedades que afectan a los cuerpos, única sustancia admitida. La filosofía es la ciencia de las explicaciones causales y ésto vale para los objetos que ocupan a su filosofía natural como a la civil.

Lo que nuestra mente hace en última instancia es sumar y restar. Esto equivale a decir que su método es el analítico-sintético o resolutivo-compositivo que ya aplicaba Galileo.

Accidente de un cuerpo es nuestra forma de concebir el cuerpo, lo que podemos denominar el fenómeno o apariencia del mismo. Los accidentes primarios son la forma y la extensión.

Veamos su teoría de la causalidad. La más importante es la *causa completa* (entire cause) que es el conjunto de todos los accidentes tanto del agente (agent) como del paciente (patient) que cuando se dan todos no puede dejar de producir el efecto en el mismo instante, y si falta alguno de ellos no puede dejar de no producirse dicho efecto (7).

Se divide en causa material (material cause) o conjunto de accidentes requeridos en el paciente y en causa eficiente (efficient cause) o conjunto de accidentes requeridos en el agente.

Relacionados con la causa y el efecto están la potencia (power) y el acto (act).

(1) Confert Ob. cit. p. 124.

(2) Le développement de la Physique cartésienne. Paris Vrin 1934, p. 134.

(3) Confert Th. Hankins. The influence of Malebranche on the Science of Mechanics during the Eighteenth Century. Journal of the History of Ideas, 1967, XXVIII; pp. 193-210, especialmente p. 207 ss.

(4) Conversaciones sobre la metafísica y la religión. Madrid Reus 1921 p. 161; y Meditations chretiennes, IX^e Medit.

(5) Mouy. Le développement de la Physique cartésienne. Paris Vrin 1934, p. 329.

(6) Ob. cit. 325.

(7) The English Works. London John Bohn 1839, pp. 121-122.

Potencia activa del agente es la causa eficiente en un tiempo futuro.

Potencia pasiva del paciente es la causa material también en un futuro.

Quedan excluidas las otras clases de causas, final y formal.

Y así habla de *entire* o *plenary power* por analogía con la *entire cause* que está realmente actuando o que ya ha actuado (1).

Y concluye el capítulo X dedicado a la potencia y al acto diciendo «all active power consists in motion» (2).

Esta terminología como veremos va a ser utilizada por Leibniz desde supuestos más metafísicos.

Leibniz. En el apartado 1.1, punto 13.º, documentado con el Anejo 7, y ya en plena polémica, Leibniz menciona a Malebranche en una carta dirigida a Catelan. Ello es debido a que el filósofo alemán acaba de leer el último capítulo de la «Recheche de la verité» y encuentra en él conceptos físicos contenidos en su juvenil obra de 1671 «Hypothesis Physica Nova» que tiene ya por complemento superados. Lo cual le permite combatir a esta gran figura en cuanto representativa del cartesianismo en Francia.

Efectivamente, la «Theoria motus abstracta» enviada a la Academia de Ciencias de París obedece a una concepción geometrizable o cinética del movimiento. Los cuerpos son tratados como puntos matemáticos en movimiento y en el choque no aparece la materia ni como extensión geométrica.

Tras la «Definitiones» vienen los «Fundamenta praedemonstrabilia» donde por cierto bajo el número (24) da Leibniz por vez primera el principio de razón suficiente bajo la forma «nihil est sine ratione»; a continuación, en los «Theoremata» se estudian los choques reduciéndose a una ley única: después de la colisión ambos cuerpos tienen una velocidad común, diferencia de las primitivas (3).

Leibniz ya no se consideraba cartesiano en aquellos años, «me fateor nihil minus quam cartesianum esse» (4); rechazaba la reducción de

materia a espacio así como la del plenum (aparte de su defensa de la transubstanciación que hemos indicado en el apartado 1.2); la teoría de la dureza como figura o extensión en reposo contraria al permanente movimiento de la materia por lo que Leibniz en esta etapa, decide que conviene prescindir de la masa. E introduce como propiedad de la materia la antitipia, la impenetrabilidad. «Per quod materia est in spatio» (2').

«Materia prima est ipsa Massa in qua nihil aliud quam extensio et antitypia seu impenetrabilitas» (5).

El término antitipia proviene del griego τυπή ὀτύπος, golpe o huella de un golpe. Puede verse usado en Sexto Empírico (6), o en Plutarco (7) en el sentido de firmeza o dureza (8).

Toda esta elemental, cuasi cartesiana y abstracta teoría que no tienen en cuenta la materia real, que conduce a una continua pérdida de actividad, o sea de velocidad, en el mundo y la creencia en la existencia de algún principio o ley de Conservación, son los ingredientes que conducirán a Leibniz en una evolución rapidísima a una reconsideración total de sus hipótesis físicas.

En ellas va a jugar un papel decisivo la visión de la *materia* que adquirirá un carácter dinámico, una elasticidad coadyuvante en el movimiento; la negación del espacio como algo absoluto compatible con una continuidad general en la naturaleza y una negación del atomismo (en contra de la opinión de Huygens que lo apoyaba para defender la consistencia o dureza de materia sin tener que identificar, pese a su cartesianismo, materia y extensión) (9); y la búsqueda de un principio de Conservación, gracias a la permanencia de una fuerza en el mundo sin la presencia continua de Dios, o mejor aún, debida a su Sabiduría.

Decíamos en el apartado 1.3 refiriéndonos a este autor que es la expresión más acabada del racionalismo por su afán de hacer de todo in-

(5) GP IV, 165 (2') GP VII, 328, 444, 501, 529.

(6) Cuestiones pirrónicas, 3, 39.

(7) Morales, 599 d.

(8) Confer: Bailly, Dictionaire Grec-Francais. Paris. Hachette, 1963; M. Jammer, Storia del concetto di massa. Milano. Feltrinelli, 1980, 82 n. Ferrater Mora, J. «Diccionario de filosofía». Buenos Aires. Sudamericana 1965. Tomo I p. 112.

(9) Dugas. La mécanique au XVII^e siècle. Neuchatel. Griffon, 1954, p. 501-502.

(1) Ob. cit. pp. 127-128.

(2) Ob. cit., p. 131.

(3) GP IV, 232.

(4) GP I, 16.

teligibilidad; decíamos, repito, que la realidad es desarrollo racional, despliegue de lo que ya era.

Esta postura también se manifiesta en su física. La medida del estado de un cuerpo debe reflejar y contener ya su futuro («gros de l'avenir»).

Pues bien, sí, para medir la vis de esa realidad deberán usarse parámetros absolutos. Y la fórmula cartesiana, m/v aún usando la correcta (la cantidad de progreso), $m \cdot v$, es totalmente convecional, dada la relatividad del movimiento. Debe haber, pues, otra fórmula que exprese el principio del movimiento en el cuerpo de tal modo que de su conocimiento se infieran los estados futuros. Y como además Leibniz nunca creyó en la atracción a distancia, no se le podrá argüir atribuyendo ese principio a otros cuerpos. Por eso aún antes de descubrir su fórmula Leibniz rechazaba de plano la «force ou puissance mouvante» de Descartes. Así se lo comunicaba a Gallois en 1676 y a Filippi en 1680 (1), mucho antes de 1686 fecha de la «Brevis» (Anejo 2). Y efectivamente la fuerza viva, $m \cdot v^2$, tiene un carácter absoluto, matemática y mecánicamente hablando.

Siguiendo con el pensamiento físico de Leibniz, es evidente que la física pertenece al dominio de las verdades de hecho, las conexiones son contingentes, no necesarias. Consecuentemente las leyes del movimiento no son necesarias y se podrán explicar mediante ese principio racionalista introducido por Leibniz: «Nada sin razón», es decir, que el efecto sea igual a la causa; y como la causa del movimiento reside en el cuerpo, en su fuerza, para evitar la parada del mundo o el perpetuum mobile, debe haber igualdad entre la causa íntegra y el efecto total.

En una carta a Bolder le expone su axioma de la igualdad entre causa plena y efecto íntegro (2).

Recordando la teoría de Hobbes sobre la causalidad y la potencialidad y su definición «active power consists in motion», Leibniz identifica potencia y causa, también en la misma línea de que cualquier estado debe preenvolver el fu-

turo que tanto hemos mencionado. Potencia es, pues, la causa, es decir, la fuerza, o lo que es lo mismo, la fuerza viva $m \cdot v^2$: «vis ordinaria est, cum motu actuali conjuncta, quam voco vivam» (3); «potentiam oriri ex quadra tis velocitatum in molis elementa ductis» (4).

Pues de este modo salvaba el escollo derivado de sus leyes del movimiento al atribuir a la materia sólo extensión e impenetrabilidad (antitipia) de que solamente se podían explicar las pérdidas de velocidad pero jamás su incremento. Este principio metafísico surge de la incapacidad físico-matemática de explicar, de dar razón de lo empírico, lo que significa, en su acabado racionalismo, de poder hacer una construcción mental posible.

«Es por lo que creo que en lugar del principio cartesiano se podría establecer otra ley de la naturaleza, que tengo por la más universal e inviolable, a saber que hay siempre una perfecta ecuación entre la causa plena y el efecto entero. Expresa no solamente que los efectos son proporcionales a las causas, sino que además cada efecto entero es equivalente a su causa. Y aunque este axioma sea totalmente metafísico, no deja de ser de los más útiles que se pueden emplear en la física y procura el medio de reducir las fuerzas a un cálculo geométrico» (5) (Docum. 13.).

Y en esta misma carta a Bayle continúa diciendo lo que antes afirmábamos: Que la fuerza cartesiana mide simplemente el presente del estado del cuerpo pero no su potencia futura. Y se lamenta de paso que Malebranche reconociera que no tenemos idea de nuestra alma y sí de la materia o extensión.

Leibniz enunció y demostró más principios de conservación además del de la fuerza viva o fuerza del movimiento correctamente calculada.

Son:

- a) La conservación de la velocidad relativa antes y después del choque.
- b) Conservación de la cantidad de progreso común o total de los cuerpos aislados.
- c) Conservación de la acción motriz.

Se encuentran en su Ensayo de Dinámica (6).

(1) Dugas. Ob. cit. p. 474 y GP IV, 286.

(2) GP II, 191.

(3) GP VI, 238.

(4) GP VI, (41), p. 430.

(5) GP III, 45-46.

(6) GM VI, 226-228.



Los denomina respectivamente

- a) Ecuación líneal.

$$v - y = z - x$$

que es válida como indica clara y perspicazmente si los cuerpos son elásticos.

- b) Ecuación plana.

$$av + by = ax + bz$$

que expresa la conservación de la cantidad de movimiento antes y después del choque.

- c) Ecuación sólida

$$avv + byy = axx + bzz$$

que expresa la conservación de la fuerza total o de la acción motriz en cada instante.

Aunque advierte que estas tres ecuaciones no son independientes. En efecto, las tres son compatibles pero dependientes, lo que indica

que con sólo dos de los teoremas o ecuaciones se deduce el tercero.

Y a propósito de estas ecuaciones hace una digresión sobre la solidez de los cuerpos. Su conclusión es terminante: *todos los cuerpos son elásticos*. Para ello invoca argumentos metafísicos. Que son que la naturaleza debe obedecer a dos grandes leyes: La Ley de la conservación de la fuerza absoluta y la Ley de la continuidad, en virtud de la cual todo cambio entre dos efectos debe ocurrir gradualmente y jamás por saltos (1).

Dedicaremos unas palabras a esta *Ley de la continuidad*.

En una carta que dirige a Malebranche durante el desarrollo de la polémica (Anejo 10) criticando las leyes del movimiento contenidas en la «Recherche de la verité», alude que en el fondo se está violando un «Principe de l'ordre general» de origen geométrico pero aplicable también a la física en virtud de que la sabiduría soberana actúa siempre armónicamente. Es el siguiente: *Datis ordinatis etiam quaesita sunt ordinata*, o sea, la concordancia entre los datos y las respuestas. Alude al tránsito gradual de la elipse a la parábola cuando un foco se aleja infinitamente. Igualmente en física el reposo puede considerarse como un grado de velocidad nula, o infinitamente pequeña, o con una «tardité infinie». Y la igualdad puede ser considerada como una desigualdad infinitamente pequeña (2).

Igualmente puede decirse de la dureza de los cuerpos que no se encuentran realmente en la naturaleza (3). Y no admite el argumento del voluntarismo divino pues Dios en su infinita sabiduría no puede impedir que una elipse se transforme gradualmente en una parábola, ni permitir, en general, irregularidades en la naturaleza como tampoco lo hace en las matemáticas. Y así los cuerpos duros no son sino casos límite de los cuerpos elásticos.

Y cita a continuación el reproche que Platón hace a Anaxágoras (4) que tras introducir el *νοῦς* en la naturaleza y en el gobierno del mundo no lo utilizan (5).

(1) GM VI, 229.

(2) GP III, 52-53.

(3) GP III, 54.

(4) Fedón, 97 b-99 c.

(5) GP III, 54-55; Discurso de Metaf. # 20; GP VII, 335.

Porque aunque los efectos particulares de la naturaleza se pueden y deben explicar mecánicamente, sus principios dependen de la inteligencia soberana (1).

Como se ve es la exaltación de la inteligibilidad llevada a su extremo.

Y posteriormente argumenta a favor del continuo desde las matemáticas, donde el todo es anterior a las partes como sucede en los desarrollos en serie; y desde la realidad, en donde las partes son anterior al todo, las partes son actuales (2).

Por eso decía siempre que la ley de la continuidad tiene su origen en el infinito; bien entendido en el infinito actual que, como vemos, admite totalmente.

Desde este punto de vista el movimiento es el fenómeno del cambio según el espacio y el tiempo. Espacio y tiempo que a su vez son orden de coexistencias o de sucesiones.

En otra carta a Malebranche atribuye el fallo de las leyes de choque de Descartes a que contravienen este gran principio de continuidad o regla del orden (3).

Como bien indica Mouy este principio es el del orden, armonía o conveniencia, corolario del principio de razón suficiente que ya tratamos en el apartado 1.3 (4).

En resumen, fundar como hace Leibniz las verdades físicas en la sabiduría de Dios no es un retorno al aristotelismo ni a la Escolástica, que Leibniz, por cierto aprecia en su valor, sino que es fundamentarla de un modo racionalista según su concepto de verdad, distinguiendo necesidad y contingencia para lograr la inteligibilidad total. Las verdades físicas son contingentes «que hacen de la voluntad de Dios no pura y simplemente, sino por la consideración de lo mejor, de la conveniencia y bajo la dirección de su entendimiento» (5).

Si comparamos como es obligado, dado el carácter representativo de la evolución física que Malebranche simboliza y ejerce dentro del cartesianismo, las concepciones físicas de éste

y Leibniz, encontramos: Malebranche no abandona jamás la cantidad de movimiento como fuerza que se conserva. Gracias a la influencia de Leibniz y a los rasgos de su filosofía que ya hemos analizado se fue poco a poco sometiendo a la experiencia abandonando esa metafísica absoluta de Descartes. Admite la existencia del vacío contra el plenum de Leibniz. Funde extensión y materia aunque enriquece el concepto de ésta mediante el fluido sutil. Los cuerpos no poseen fuerza alguna frente al dinamismo de Leibniz. Y su ocasionalismo se enfrenta a la armonía preestablecida lo que en el fondo equivale a contraponer un positivismo de relaciones fenoménicas a una racionalidad metafísica.

Y finalmente comentaré la afirmación que Leibniz le hizo a L'Hôpital en 1696 (6): «Si Malebranche meditara mejor el principio del continuo, se rendiría a la armonía preestablecida». Sí porque en Malebranche hay una absoluta incomunicación entre alma y cuerpo e incluso el alma es un «sentimiento interior»; Dios ocupa un lugar único y omnipresente y es la única sustancia.

El Dios de Leibniz hace que todas las sustancias creadas continuamente dependan de El, haciendo corresponder una sustancia a cada punto de vista y su diferencia es gradual como en la continuidad geométrica, según una ley de continuidad y así hay infinitos seres que dependen de Dios pero con expresión propia (7).

2. DESARROLLO DE LA POLEMICA

2.1 Introducción

Refiriéndose a esta polémica dice Kant en 1746: «Nunca se han dividido en el mundo las opiniones de una manera más radical». «(Fue) una de las más grandes disputas que los sabios de todos los tiempos han presenciado» (8).

El positivista Mach a su vez decía en 1912: «La polémica iniciada por Leibniz descansa ya sobre múltiples malentendidos que se mantuvieron durante 57 años, hasta la aparición del *Traité de Dynamique* de D'Alembert» (9).

(1) GP III, 55.

(2) GP III, G22; GP VIII, 562.

(3) GP I, 347.

(4) Les lois du choc des corps d'après Malebranche. París. Vrin, 1927, pp. 52, 72; Le développement de la Physique cartésienne. París. Vrin, 1934, p. 296.

(5) Confert. GP VII, 272; Teodíoea # 351; Monadología # 36-38.

(6) Robinet. Malebranche et Leibniz. París. Vrin, 1955, p. 320.

(7) Confert. Discours de Metaphysique, # 14.

(8) Principios metafísicos de las ciencias naturales. Madrid. Reus, 1921, # XXI y XXII.

(9) Desarrollo histórico-crítico de la Mecánica. Buenos Aires. Espasa Calpe, 1949, p. 250. Confert Laudan (vid. bibliografía).

Como ya hemos tratado de las motivaciones teológicas, filosóficas y físicas de las diversas corrientes en juego durante la duración misma de la disputa, pasamos ahora a detallar el contenido físico de la misma.

Fue un escrito de Descartes de contenido claramente físico el que es directamente aludido y rebatido por Leibniz (Docum. 1). También las tres leyes de la naturaleza y las siete reglas de los choques o percusiones enunciadas en los «principia» son objeto de contestación por cuanto lo que está implícito en ellas, como gran principio, es también la conservación de la cantidad de movimiento (*force ou puissance mouvante*).

Huygens había descubierto la conservación de la «cantidad de progreso» o cantidad de movimiento proyectada y la conservación de la fuerza viva en el caso del choque de cuerpos duros (elásticos).

Leibniz reconoce su deuda con Huygens (1), destacando las aportaciones del físico holandés.

Por su parte Wallis, Wren y Mariotte habían hecho estudios muy concienzudos sobre los choques.

Leibniz elevará el tono de estas aportaciones logrando una síntesis metódica de todas ellas, estableciendo la ley de la continuidad contra el atomismo, el carácter absoluto de la fuerza del movimiento frente a la relatividad del movimiento y la conservación de la acción motriz, aparte de otras leyes menores como veremos (2).

2.2 Fuerza del movimiento

Pasemos a analizar el Docum. 2, la «*Brevis demonstratio*».

Sea un cuerpo A de una libra cayendo desde 4 metros y otro B de 4 libras, cayendo desde 1 metro. La fuerza para subirlos a su posición inicial es la misma. Esta fuerza común es:

$$1 \times 4 = 4 \times 1$$

fuerza de dos dimensiones como diría Descartes, es decir, un «trabajo».

Veremos ahora si la cantidad de movimiento

es la misma. Según Galileo las alturas de caída son proporcionales a los cuadrados de la velocidad. Los cuerpos llegan al suelo, usando la notación de Malebranche, con unas cantidades de movimiento:

$$1 A 2 \text{ y } 4 B 1$$

La fuerza de B es doble de la de A.

Por tanto la cantidad de movimiento no coincide con la fuerza que sí era la misma en ambos casos. La fuerza debe ser estimada por la cantidad de efecto *que puede producir*, que es muy diferente de la velocidad que se le puede dar.

Por tanto la fuerza no es $m \cdot v$. El efecto debe ser la altura a la que se puede elevar, muy diferente de la velocidad que se le puede dar. Como las alturas son como el cuadrado de las velocidades, la fórmula de *lo que se conserva* es $m \cdot v^2$.

Efectivamente:

$$1 A 2 \times 2 = 4 B 1 \times 1 \\ \text{o sea, } 4 = 4$$

Luego la fuerza del movimiento es $m \cdot v^2$.

2.3 Movimiento perpetuo

Supongamos que toda la fuerza de un cuerpo de 4 libras y velocidad 1 se transmite a un cuerpo de 1 libra, que por tanto recibirá una velocidad 4.

Según Galileo deberá subir a una altura de 16 metros y no de 4. Por tanto la fuerza tampoco se mantiene, pues de otro modo el efecto sería 4 veces mayor y habríamos ganado una fuerza de $16 - 4 = 12$.

El efecto sobrepasa con mucho a la causa, con lo que caemos en el absurdo del movimiento perpetuo (3).

2.4 Estudio de un choque recto

Leibniz estudia ahora la aplicación de la regla 3ª del choque de Descartes.

Seguimos utilizando la notación de Malebranche, donde el primer número indica la masa y el segundo la velocidad. Sean antes del encuen-

(1) GM VI, 226, 239.

(2) Confert. GP III, 56, 57.

(3) GP I, 350.

tro 1 B 100 1 C 1. Su fuerza cartesiana es $100 + 1 = 101$. Según Galileo B podría elevarse $100 \times 100 = 10.000$ m. y $C 1 \times 1 = 1$ m. Y la fuerza conjunta sería elevar 1 libra a 10.001 m. Apliquemos ahora la 3.^a regla de Descartes. 1 B 100 + 1 C 1 se convierte en 2 BC 50,5, o sea que la cantidad de movimiento después del choque es:

$$2 \times 50,5 = 101$$

o sea, que ambos cuerpos pegados se elevarían a:

$$50,5 \times 50,5 = 2.550,25 \text{ m.}$$

Como son dos libras, una sola se habría elevado a:

$$2 \times 2.550,25 = 5.100,5 \text{ m.}$$

o sea, se han perdido:

$$10.001 - 5.100,5 = 4.900,5 \text{ m. de elevación}$$

Se ha perdido casi la mitad de la causa, sin razón alguna (1).

No olvidemos que estando esta carta dirigida a Bayle, Leibniz había constatado que Malebranche (Docum. 11) aprobaba las reglas 1, 2, 3 y 5.

2.5 Estudio de una discontinuidad

Malebranche sostenía que solamente cuando $m v_0 = m' v_0$, los cuerpos m y m' se deben rechazar después del choque y que en los demás casos se comportarán como cuerpos «plásticos» que marchan juntos tras el encuentro (2).

Sean:

$$2 \text{ B } 1 \text{ y } 1 \text{ C } 2$$

Demos un pequeñísimo incremento a la masa de B: en vez de 2, $2 + x$.

Según Malebranche la velocidad común de ambos, pegados después de la percusión, será:

$$\frac{2 \times 1 = 1 \times 2}{2 + 1} = \frac{4}{3}$$

En cambio si sus masas fueran exactamente iguales, la velocidad de rebote de B sería de 1.

O sea B antes del choque tenía una velocidad 1, rebotaría con la misma velocidad, pero un mínimo incremento en su masa o velocidad le hace pasar de 1 a $4/3$, gracias a la acción de C que siempre es el mismo en masa y velocidad, por hipótesis.

«Natura non agit saltatim», «nulla mutatio fiat per saltum» o más leibnizianamente «datis ordinatis etiam quam quaesita ordinata». Estas tres normas han sido violadas.

2.6 Estudio de un choque oblicuo

En una carta a Arnauld (3) estudia Leibniz el choque de una esfera A con otras B y C iguales a ella suponiendo que A queda en reposo tras la percusión, y que B y C parten en ángulo recto. Puesto que A sigue la diagonal de un cuadrado, Leibniz sostiene según su evaluación de la fuerza que el mismo cuadrado debe reproducirse para las velocidades de B y C, o sea:

$$AL = AM = 1 \text{ B } 2 \text{ B} = 1 \text{ C } 2 \text{ C.}$$

Si esto fuera así, falla la regla de Descartes pues la cantidad de movimiento, llamando «a» al lado del cuadrado antes del choque $m v$ valía:

$$1 \text{ A } \sqrt{2} a$$

Y después del choque valdrá:

$$1 \text{ B } a + 1 \text{ C } a = 2 \text{ BC } a$$

Para respetar la regla cartesiana, las velocidades de B y C deben ser $\sqrt{2} / 2 a$, pues entonces:

$$1 \text{ B } \frac{\sqrt{2}}{2} a + 1 \text{ C } \frac{\sqrt{2}}{2} a = 2 \text{ BC } \frac{\sqrt{2}}{2} a =$$

$$= 1 \text{ BC } \sqrt{2} a$$

$$\text{y } 1 \text{ A } \sqrt{2} a = 1 \text{ BC } \sqrt{2} a$$

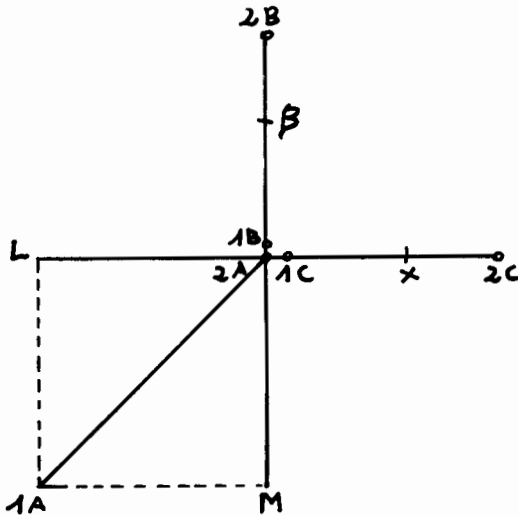
Pero si ahora invertimos el choque y son B y C los que inciden sobre A, quedándose quietos, es A el que sale ganando con su velocidad antigua, pues su velocidad es doble de la de cada uno de ellos. De modo que visto así

(1) GP III, 46.

(2) Recherche de la Verité. París. Gallimard. 1979. p 1611.

(3) GP II, 78-80.

1 B 1 + 1 C 1 se convierte en 1 A 2 y podría subir a una altura de 4 m. o sea, el doble de fuerza real: movimiento perpetuo (1).



2.7. Análisis completo de las respuestas a Catelan

El contenido del primer encuentro entre este abad y Leibniz se halla en los Documentos 10, 12 y 13.

El del segundo en los Documentos 15 y 18.

Como bien dice Leibniz toda la crítica que le hacen los cartesianos a través de Catelan, a quien considera un mero portavoz de la escuela cartesiana de París encabezada por Malebranche, reside en el «abus de la Doctrine Statique que contribue a confondre la Force avec la Quantité de mouvement» (2). Porque (traduzco) «se encuentra en la Estática que dos cuerpos están en equilibrio, cuando en virtud de su situación sus velocidades son recíprocas a sus masas o pesos, o cuando tienen la misma cantidad de movimiento» (2).

Efectivamente en el caso de equilibrio de dos cuerpos

$$F h = F' h'$$

Pero F y F' son proporcionales a las masas (son las fuerzas muertas de Leibniz); y en el caso de un ligero movimiento en torno a la posición de equilibrio, h y h' serán proporcionales

a esos pequeños recorridos virtuales, o lo que es lo mismo, a sus velocidades virtuales.

$$F h = F' h'$$

$$m v = m' v'$$

son equivalentes.

«Esto ocurre solamente, dice Leibniz, en el caso de la fuerza muerta o del movimiento infinitamente pequeño, que yo llamo "Solicitud", que tiene lugar cuando un cuerpo pesado empieza a iniciar el movimiento..., y esto sucede solamente cuando los cuerpos están en equilibrio cuando tratando de descender se lo impiden mutuamente» (4). Se trata de «conatus» mutuamente impedidos.

Pero cuando un cuerpo desciende libremente, ha engendrado impetuosidad (acumulación de conati) o Fuerza Viva y entonces las alturas a las que puede llegar ya no son proporcionales a las velocidades (Galileo) sino como sus cuadrados (5).

Por eso Catelan en su primer escrito (Docum. 10) habla de potencias isócronas. Y comete la ingenuidad, dentro de su estatismo, de decir que la ley de Descartes se cumpliría si ambos móviles estuvieran en ambos extremos de una balanza.

Como sabemos Leibniz no le contesta directamente sino a través de Arnauld (Docum. 12) y de Bayle (Docum.13) mostrando su admiración justificada por la absoluta incompresión del tema por parte del abad Catelan.

Su réplica puede resumirse en que efectivamente «se puede cambiar cuanto se quiera el tiempo de descenso variando la línea de caída» pero que en ausencia de obstáculos y de resistencia del aire «un cuerpo descendiendo (como sea) desde una misma altura adquiere siempre la misma velocidad» (6). (Son las leyes de caída de Galileo).

La réplica de Catelan es muy difícil de encontrar. Doy una reseña de ella en el (Docum. 15). Insiste una vez más en los movimientos isócronos (persistencia en el error o despiste). Pero como dice Mouny en dicho Docum., Catelan intenta aportar otra prueba del principio cartesia-

(1) Confert. GP II, 159.

(2) GM VI, 218.

(3) Ib.

(4) Ib.

(5) Confert pasaje citado, p 218-219.

(6) Anejo 7, p 44.

no al decir que es lo mismo *transportar* (uso lenguaje de Malebranche para simplificar) 1A4 m y 4B1 m que *eleva* 1A4 m y 4B1 m. La cantidad de movimiento del transporte es igual a la fuerza de elevación.

Ante tamaña incompresión Leibniz responde directamente al abad Catelan (Docum. 18). «Si estos malentendidos ocurren en la matemática qué no ocurrirá en la Metafísica y en la Moral».

No vamos a detallar la sólida argumentación de Leibniz, pues ya hemos expuesto al principio de este epígrafe sus claras ideas al respecto.

Solamente destacaré el final de la carta donde Leibniz insiste sobre el uso del tiempo en estos problemas. Se puede conocer el tiempo, que efectivamente varía, al conocer la línea de descenso. Aunque, insiste una vez más, basta conocer la altura (proyectada) de caída, independientemente de la pendiente de la misma, para conocer la fuerza que el cuerpo ha adquirido.

Y es entonces cuando ante tanta insistencia sobre el tiempo consumido por el cuerpo, y con un tácito deseo de divertirse o mofarse de los cartesianos (les Cartésiens le donnera peut-etre aisément) propone un problema que en lenguaje moderno podemos enunciar como hallar la línea isócrona de caída. El enunciado literal está en el punto 19° del apartado 1.1. Como se verá Leibniz es un sutil irónico.

Diremos finalmente que la segunda respuesta de Catelan es lo que llevará a Leibniz para combatir a los cartesianos, implacable y exhaustivamente, a plantearse el tema del efecto formal frente al efecto violento y al descubrimiento, más o menos consecuentemente elaborado a priori y a posteriori y con fundamento real, de la Acción motriz, de la cual hablaremos en el apartado siguiente, 2.8. (1).

2.8 Acción motriz

Muy relacionado con la «expresión» de la fuerza está el concepto de Acción introducido por vez primera en la física por Leibniz.

La causa íntegra expresa el efecto completo; en lenguaje mecánico la fuerza se consume.

Pero consideremos el movimiento en sí mis-

mo. Se trata de un cuerpo que se traslada. Una masa m que recorre un espacio e . Este es el *efecto formal* del movimiento: un cuerpo ha cambiado de lugar (2).

Efecto formal = $m \cdot e$

Ahora, bien este fenómeno puede suceder con mayor o menor vigor.

Ahora es cuando aparece la definición nominal de la Acción, A. La acción será tanto más enérgica, tanto mayor cuanto más rápida se realice. Debe entrar en juego la velocidad o el tiempo de su producción. El mismo efecto formal, el mismo acto del movimiento requerirá una acción mayor cuanto más rápido se haga.

El efecto formal consiste en el cuerpo en movimiento, tomado en sí mismo y no agota, no consume la fuerza puesto que el fenómeno, el hecho del movimiento continúa si no aparecen obstáculos.

En cambio el efecto violento o efecto total, sí agota la fuerza viva absoluta, la fuerza del agente, como por ejemplo al dar una velocidad determinada a un cuerpo o elevar un cuerpo a una cierta altura, etc. (3).

Porque si esta fuerza absoluta, la fuerza viva, pudiera aumentar desembocaríamos en el movimiento perpetuo mecánico, es decir, que el efecto reproduciría su causa y algo más, lo que es absurdo.

Y si disminuyera, iría decayendo progresivamente, lo que es contrario al orden de las cosas. Así los cuerpos elásticos siempre mantienen su capacidad de convertir su movimiento en el mismo movimiento ascensional antes o después del choque (4). Si los cuerpos no son elásticos esto no se respeta, pero ocurre así en beneficio de la ley de la conservación de fuerza en el mundo, pues las pequeñas partes de los cuerpos acumulan y absorben esta pérdida aunque se pierda en los cuerpos de los que forman parte (5).

Para tener en cuenta que no siempre hay efectos violentos y contemplar el movimiento desde el punto de vista cartesiano, es decir, desde ese fenómeno no absoluto que es la cantidad de movimiento es por lo que Leibniz in-

(2) GM VI, 220; GP II, 201 sq.

(3) Ib. 218.

(4) Ib. 220.

(5) Ib. 231.

(1) Confert Gueroult, M. Ob. cit. p 122.

introduce el concepto de acción motriz de los cuerpos en movimiento: Una bola que cae por un plano o que rueda sobre una superficie de un modo permanente, o cualquier movimiento en acto o en desarrollo (1). Así introduce primero su definición nominal.

Supongamos un movimiento uniforme de un cuerpo. La acción de recorrer 2 m en 2 h es doble de la acción de recorrer 1 m en 1 h (misma velocidad y doble recorrido); la acción de recorrer 1 m en 1 h es doble de la de recorrer 1 m en 2 h (mismo recorrido y doble velocidad). Por tanto la acción de recorrer 2 m en 2 h es cuádruple de la acción de recorrer 1 m en 2 h (doble velocidad y doble recorrido).

Por tanto las acciones son como los cuadrados de las velocidades (2).

Lo cual coincide con la conservación de la fuerza viva. Es decir, que en 1 h hay tanta acción motriz en el universo como pueda haber en cualquier otra hora. Aunque queda claro que lo que se conserva en cada instante es la misma fuerza absoluta.

La acción es el ejercicio de la fuerza y equivale a su producto por el tiempo (3).

Por tanto la acción $A = m e v$
como $e = vt$

$$A = m v^2 t = F t$$

$$A = m e v = m v^2 t = F t$$

«Praesentem autem demonstrationem eo majoris semper feci, quod nec ponderis nec Elastri nec aliis hypothesibus vel casibus utitur, sed ex primis et minime concretis notionibus liquidissime fluit» (4).

Es un argumento metafísico que hace abstracción de toda gravedad, elasticidad y otras cosas físicas (5).

Con estos argumentos rebate Leibniz el qui pro quo de Descartes de confundir mv con la fuerza absoluta.

Decimos una vez más que Leibniz insiste en este nuevo concepto, que es feliz de haber descubierto (6), para luchar dentro de la polémica

que nos ocupa con el problema del isocronismo que le planteó Catelan (Docum. 10) porque si en el efecto violento no juega el tiempo, él quiere tenerlo en cuenta mediante esta noción de Acción motriz que es la expresión de la fuerza viva en el tiempo. Para lo cual debe utilizarla en los efectos formales o inocuos (7) que no agotan la fuerza.

Y a continuación, en el ensayo de Dinámica, que es el más explícito en cuanto a la Acción, escribe las tres ecuaciones del choque elástico de dos cuerpos que ya detallamos en el apartado 1.4. La «Ecuación Líneal» expresa la causa del choque, es decir, la velocidad relativa y su conservación.

La «Ecuación plana» expresa la conservación de la cantidad de progreso.

Y, finalmente, la última, la «Ecuación sólida», es la fórmula de la conservación de la fuerza absoluta o de acción motriz en un instante.

2.9. Estudio general de las leyes de los choques

Descartes

En la física de Descartes sus siete reglas del choque están regidas por la primera gran causa, la conservación de la cantidad de movimiento tomada en valor absoluto y por la 3.^a ley de la naturaleza que atribuye un status especial al reposo (8).

Descartes pasó de no reconocer ninguna inercia o «tardiveté» a los cuerpos (9) a decir en los «Principia» que «cuando un cuerpo está en reposo tiene una fuerza para permanecer en él y para resistir a todo cambio» (10).

Y esto es debido a su concepción de la dureza como extensión en equilibrio entre sus partes (11).

Y así se puede comprobar por su 1.^a regla del choque, pues si hubiera aplicado su relatividad del movimiento al caso de dos cuerpos iguales y con la misma velocidad, el resultado hubiera sido que esos dos cuerpos blandos o fluidos

(1) Ib. 220.

(2) GP III, 60; GP II, 173 aq.

(3) Ib.

(4) GP II, 174.

(5) Confert GM IV (suppl) 132.

(6) GP II, 74.

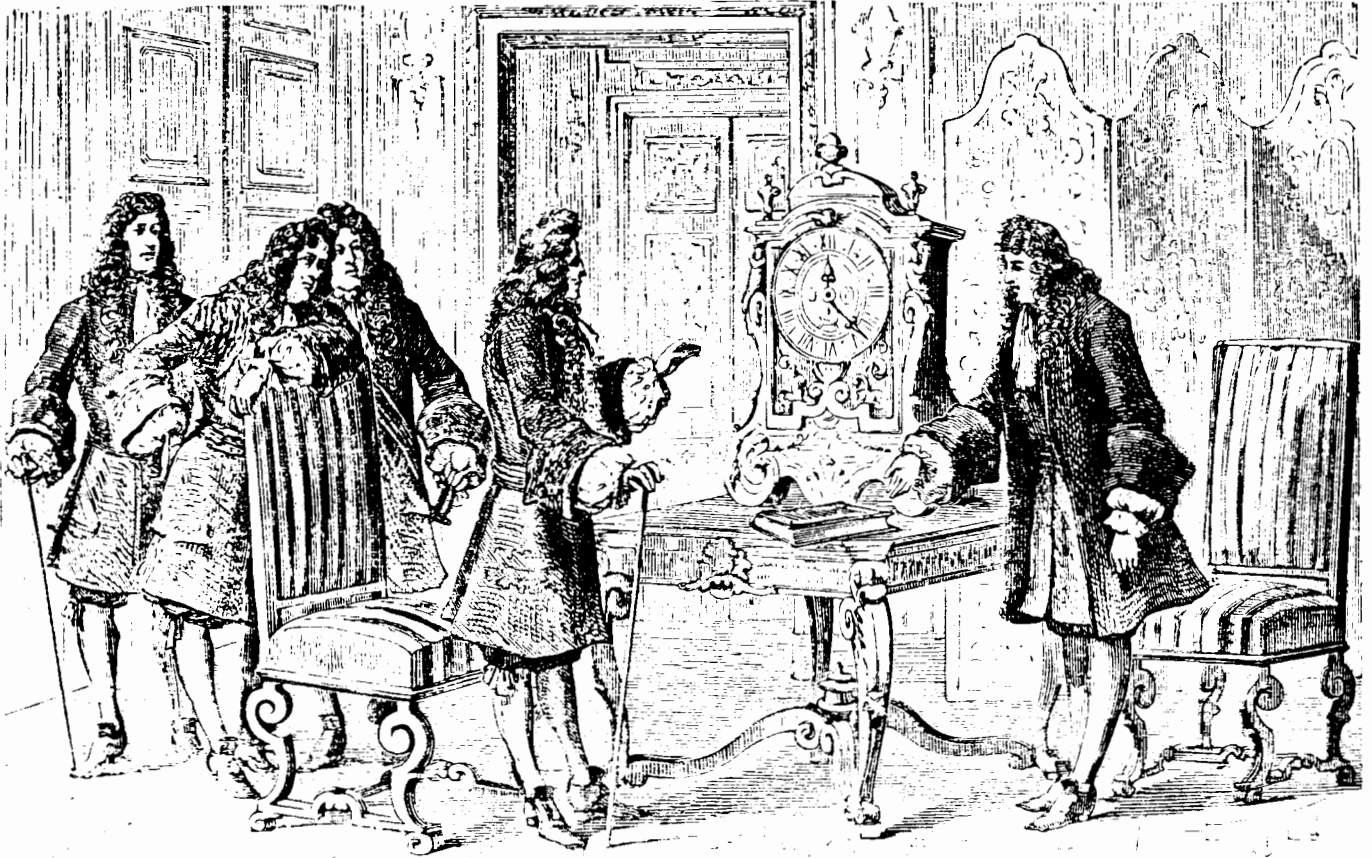
(7) GM VI, 243.

(8) Principia # 40, 41, 42.

(9) AT II, 467 E.

(10) Ib. # 43 E.

(11) Ib. # 55 E.



(como él los considera en todas sus reglas) se habrían detenido tras la percusión. Pero la dificultad, de un lado, de estudiar el choque de dos cuerpos sin una noción clara de su solidez (blandura, plasticidad o elasticidad); y de otro, el hecho empírico de que dos cuerpos iguales rebotan le llevó a tratar los cuerpos como blandos destacando, en cambio, el estado especial del reposo; a la par que manteniendo un valor absoluto para la velocidad tomada aritméticamente. Es decir, Descartes rompió la analogía entre reposo y movimiento, desestimó el carácter vectorial de la velocidad e inconsecuente con su identificación entre materia y extensión, supuso la materia fluida.

Por eso, en la 1.^a Regla, los cuerpos iguales en extensión y velocidad, se repelen para que se conserve mV .

Sabemos que esto es cierto si los cuerpos son elásticos y solamente en este caso. Pero no es esa la visión de Descartes que queda contradecida en las restantes seis Reglas.

En efecto; la 2.^a, 3.^a, 5.^a y la primera parte de la 7.^a responden al choque de dos cuerpos

que permanecen unidos después del choque. Su ley del choque es:

$$V = V' = \frac{mV_0 + m'V'_0}{m + m'}$$

La 4.^a y la segunda parte de la 7.^a: El cuerpo más pequeño rebota con su velocidad aritmética y el más grande sigue inalterado.

La 6.^a y la tercera parte de la 7.^a aplican el contenido de la 3.^a Ley de la Naturaleza y las precedentes que le son más análogas.

Por ejemplo la 6.^a puede obtenerse haciendo dos hipótesis.

- a) C más débil: 1B2 y 1C2 (Regla 5.^a)
- b) C más fuerte: 1B4 y 1C0 (Regla 4.^a)

$$\text{Como } B = C; 1B \frac{2 + 4}{2} = 1B3$$

$$1C \frac{2 + 0}{2} = 1C1$$

Y se cumple la conservación de la cantidad

de movimiento pues

1B4 y 1C0 se ha convertido en
1B3 y 1C1

La fuerza del conjunto no ha variado:
 $1.4 = 1.3 + 1.1$

Además de estas consideraciones abstractas las siete Reglas del choque están dirigidas por un principio de economía entre los modos del movimiento de los dos cuerpos (fuerza y determinación) tal como Descartes le explica a Clerksier (1).

La explicación de los fallos de la *πληγική* cartesiana como la denomina Leibniz (2) proviene de:

- Una confusión sobre el carácter de la solidez de los cuerpos.
- No admitir de hecho la relatividad del movimiento disociando el módulo de la velocidad y su dirección.
- Conceder un estado especial al reposo dándole de una «fuerza» de resistencia.

Esto aparte de la metafísica subyacente que le confiere a su teoría un carácter apriorístico y abstracto.

Malebranche. Las reglas de la comunicación de movimientos formaban parte del libro VI de la *Recherche de la vérité* inicialmente, desde 1675 hasta 1687 (3) y ya no volvieron a aparecer en esta obra siendo publicadas como un opúsculo titulado «Des lois de communication des mouvements» ya enmendadas y con sucesivas correcciones en 1692 y 1699. Esta última versión, en cambio, sí se unió a las ediciones de la «Recherche» de 1700 y 1712.

Como dijimos en el apartado 1.1., punto 4.º, tres famosos científicos concurren a un concurso sobre las leyes del choque. Wallis estudió solamente el choque inelástico. Wren y Huygens sólo el elástico.

Huygens demostró que en el encuentro de dos cuerpos es decisiva la diferencia de velocidad, la velocidad relativa de ambos: En el choque siempre se trata de diferencia de velocidades y es indiferente el cuerpo respecto del cual se midan las velocidades.

La suma de las cantidades de movimiento se conserva en la percusión, trátase de cuerpos duros o blandos. Pero Huygens hizo la observación de que esta cantidad no es la cartesiana sino lo que se llamaba la cantidad de progreso, o cantidad de movimiento proyectada y medida algébricamente, con su signo de dirección. Entonces sí que es una ley universal para cualquier sistema aislado como generalizó Malebranche (4).

No corresponde ahora examinar la influencia de estos trabajos científicos pues en todo caso el punto de vista de Malebranche es más amplio y filosófico como le ocurre a Leibniz. Simplemente los utilizan dentro de sus sistemas que ya hemos esbozado en apartados anteriores.

Ya destacamos el papel metafísico del principio de inercia en Malebranche. El reposo es una negación, una privación, una pasividad de Dios.

Consecuencia importante: la dureza de los cuerpos no tiene relación con el reposo; el reposo no es una fuerza de resistencia al movimiento como afirmaba Descartes.

Malebranche se impone, pues, la tarea de estudiar las características de la materia (masa, dureza, elasticidad, blandura) rechazando la fuerza del reposo cartesiana. Para ello recurre al fluido sutil que rodea a los cuerpos ejerciendo una acción dinámica sobre ellos. Utiliza la experiencia de los hemisferios de Magdeburgo.

A pesar de esto comienza su estudio con los cuerpos en el vacío, gran contradicción pues allí no hay materia sutil que dé cohesión. Por eso dice que los supondrá «duros por sí mismos» (5), es decir cuerpos ideales.

Y resuelve el problema en el vacío diciendo que «no deben ser considerados más que como un solo cuerpo en el momento de su encuentro, y después dividir la suma de todo el movimiento en la proporción de la magnitud de estos cuerpos» (6).

Es decir, que sigue aplicando la cantidad de movimiento de Descartes y usando la fórmula general.

$$V = V' = \frac{mV_0 + m'V'_0}{m + m'}$$

(4) Confert Mach, Ob. cit. pp. 273, 282, 283.

(5) Ob. cit. p. 1611.

(6) Ibidem, 1612.

(1) AT IV, 185

(2) Confert Mouy Les lois du choc des corps d'après Malebranche. Paris. Vrin. 1927, p. 14.

(3) Malebranche. Oeuvres I. Paris Gallimard 1979, pp. 1341-1342 y 1611n.

Aprueba las Reglas 1.^a, 2.^a, 3.^a y 5.^a (1).

La Regla 4.^a queda así después del choque

1B1 2C1

en lugar de lo que decía Descartes:

1B3 2C0

La 6.^a queda ahora:

1B2 1C2

en lugar de la cartesiana

1B3 1C1

Y análogamente la 7.^a

Reconoce que sus reglas contradicen la experiencia porque allí no hay vacío. En la realidad nunca marchan juntos los cuerpos duros. Y explica la causa de esto debida a la elasticidad gracias a esa materia sutil que comprime por agitación de los poros a los cuerpos (2).

Hablando de dos bolas de plomo reconoce, en cambio, que no se repelen. Lo que equivale a confirmar lo que ya se advierte en las Reglas de Descartes: Que sus cuerpos duros no son tales, sino plásticos. A esta primera versión de las reglas de comunicación del movimiento de Malebranche responde Leibniz, según puede verse en el Documento 13 a partir de la página 46 (véase también el Documento 11 donde Leibniz acota los puntos de vista del padre francés) poniendo de manifiesto dos violaciones: una del *principio de continuidad*; y la otra de la *igualdad entre el efecto y la causa*, o lo que es lo mismo, la no conservación de la fuerza del movimiento correctamente evaluada.

En el apartado 2.1.4 expusimos la justificación de Leibniz para desechar el caso ambiguo en que $mv_0 = m'v'_0$ invocando la discontinuidad que se produce.

Después de señalar, con razón, que Descartes no incluyó en sus Reglas el caso de cuerpo concurrente con masas y velocidades desiguales, examina la Regla 6.^a con las soluciones de Malebranche y Descartes.

Utiliza de nuevo la evaluación de la fuerza por su poder ascensional que tomó de Huygens (3).

Regla 6.^a: antes del choque 1B4 1C0.

Solución de Malebranche: 1B2 1C2.

Solución de Descartes: 1B3 1C1.

Razona Leibniz: la fuerza inicial con $mv = 1.4$ era capaz de elevar 1 libra a $4 \times 4 = 16$ m.

Según Malebranche se podrán elevar 2 libras a $2 \times 2 = 4$ m. ó 1 libra 8 m.

Según Descartes la fuerza después del choque elevará 2 libras $3 \times 3 + 1.1 = 10$ m.

Luego en ambos casos ha habido una notable pérdida de la causa, de la fuerza.

Malebranche responde (Documento 14) invocando la libre voluntad de Dios y afirmando que las reglas de Descartes que ha rechazado son realmente falsas aunque no está seguro de que las que ha dado por buenas lo sean efectivamente y renuncia a hacerlo por el momento.

En la respuesta de Leibniz (Documento 16) pone en lo que al choque se refiere, el acento en la contradicción que existe entre las Reglas 1.^a y 2.^a pues basta una diferencia de tamaño en uno de los cuerpos para que los resultados sean manifiestamente diferentes: Invoca de nuevo el *principio de continuidad* (4).

Abreviando esta disputa entre Malebranche y Leibniz sobre los choques diremos que en la segunda versión aquel ya admite la velocidad relativa de los cuerpos y establece las leyes para los cuerpos blandos y elásticos (5).

En los cuerpos blandos ya considera las velocidades algébricamente.

Y confiesa: «Aparentemente me equivoqué en las segundas leyes y no pretendo haber establecido nada definitivo en las terceras. Pero creo que he probado y explicado suficientemente las primeras que son las únicas que se me podían exigir».

Las primeras leyes tratan sobre los cuerpos duros en el vacío. Las segundas consideran los

(3) Docum, 16. p. 53.

(4) Confert O.C. XVII-1 Paris. Vrin 1960, pp. 80-110 y 112-142.

(5) De motu corpore ex percussione. Propositio undecima. Citado por Mouy, Ob. cit. p. 77.

(1) Confert Docum. 11.

(2) Ibidem 1612.

cuerpos reales pero sin resistencia del aire. Las terceras versan sobre los cuerpos reales en condiciones reales de acuerdo con las experiencias de los científicos sobre el tema.

En su tercera versión solamente distingue los cuerpos duros en el vacío, los cuerpos geométricos; y los cuerpos reales del mundo físico, tales como son naturalmente (1).

En esta última forma ya admite la cantidad de movimiento tomada vectorialmente que es la única que se conserva. Sigue sin aceptar la conservación de la fuerza viva aunque de hecho la utiliza para los choques elásticos apoyándose en las teorías de Mariotte.

Como se ve toda la teoría cartesiana de los choques quedaba arruinada. Y con ella los principios básicos que sustentaban su concepción física.

2.10. Punto de vista de la ley de continuidad

Ya hemos mencionado en el apartado 1.4 la Ley de continuidad de Leibniz.

Reponde a la expresión más acabada del racionalismo en el cual, ya lo hemos dicho, lo ontológico pertenece a la razón.

Pues bien, en Leibniz este carácter se acusa aún más con su concepto de verdad en el juicio, que ocurre cuando el concepto del predicado está contenido en el concepto-sujeto. Lo que vendrá debe *expresar* lo que ya se sabe. Consecuentemente el orden y armonía de las respuestas debe *expresar* el de los datos. Es la causalidad racionalista expresada por el principio de razón suficiente. Su corolario es el principio de la armonía, de la conveniencia, del orden.

Traducido a clase física, la causa debe contener al efecto entero. Y la causa es la fuerza. Luego la fuerza debe explicar el movimiento, debe contener el futuro del cuerpo. La fuerza primitiva es el alma de la materia. La fuerza de-

rivada aparece en el concurso entre cuerpos (2). A su vez la materia formada por mónadas es como un estanque lleno de peces. Como dice en la *Monadología* #65: «El Autor de la Naturaleza ha podido llevar a cabo este artificio divino e infinitamente maravilloso, porque cada porción de la materia no sólo es divisible al infinito, como reconocieron los antiguos, sino que, además, cada parte está, *en acto* y sin fin, subdividida en partes, cada una de las cuales goza de cierto movimiento propio».

Y en el #67: «Cada porción de la materia puede ser concebida como un jardín lleno de plantas y como un Estanque lleno de peces. Pero cada rama de la planta, cada miembro del Animal..., es a su vez, un jardín o un estanque igual que los primeros.

Es la indiferencia de la materia segunda a la divisibilidad. Y así también un número contiene potencialmente todos los términos de su desarrollo en serie, en un infinito potencial.

Igual ocurre con el movimiento y el reposo. Es cuestión de graduación. El reposo es algo como ideal (3) que puede ser concebido comparativamente comparado con otros cuando es un movimiento muy pequeño.

En cambio para los cartesianos el tiempo es discontinuo, las sustancias son pocas e incommunicadas, la Física es Geometría, no hay dinamismo sino Estática, aborrecen el infinito, la Naturaleza es una creación con el concurso permanente de Dios que según su inmutabilidad, la deja actuar según un movimiento comunicado, sin espontaneidad.

2.11. Estudio general sobre la naturaleza de los cuerpos

La naturaleza de los cuerpos es decisiva en la teoría y leyes del choque. Los trabajos de Wren, Wallis y Huygens diferían, como ya hemos indicado, en considerar a los cuerpos como blandos o plásticos y elásticos.

(2) GP II, 262: «Vis autem derivativa est ipse status praesens dum tendit ad sequentem sen sequentem praeinvolvit, uti omne praesens gravidum est futuro... «... primitivam vim habet, ut vis primitiva sit velut lex seriei...»

(3) GP III, 458.

(1) Obra citada p. 53.

Las leyes experimentales obtenidas difieren notablemente en ambos casos.

Dos cuerpos blandos que chocan continúan siempre unidos.

Dos cuerpos perfectamente elásticos rebotan siempre.

En ambos casos su constitución varía durante el instante de la percusión deformándose siempre en ambos casos. Solamente en los cuerpos blandos su deformación es permanente y ambos cuerpos quedan acoplados; los cuerpos elásticos, en cambio, recuperan su forma primitiva tras el breve lapso del encuentro.

La velocidad relativa de ambos, causa del choque, permanece constante en los cuerpos elásticos. Y se pierde por completo en los cuerpos plásticos.

Un grave problema se plantea con los denominados, con o sin fundamento real, cuerpos perfectamente duros, indeformables, incapaces de ceder en su forma exterior y composición interior. Como dice Koyré (1) tras suponer que hacemos chocar dos cuerpos duros: «¿Qué harán tras el impacto? ¿Rebotar como hacen los cuerpos elásticos? ¿O quizás detenerse mutuamente como ocurriría con los inelásticos? De hecho deberían hacer ambas cosas, y, sin embargo, *tertium non datur*.

Descartes, a fin de conservar su fuerza del movimiento admitió, muy confusamente, el rebote de los cuerpos. Con su afán geometrizarante, y para salvar el principio metafísico de la conservación de m/v , definió los cuerpos duros como extensión en reposo entre sus partes. Y sus reglas del choque tratan de estos cuerpos duros en el vacío, sin ningún fluido corruptor rodeándoles, o sea que *Descartes* concede una fuerza a los cuerpos en reposo que son los auténticamente duros. A los cuerpos en movimiento los trata, en cambio, ya como blandos ya como elásticos.

Ya dice en los Principia (2) que la naturaleza del cuerpo no consiste en la dureza pues es

cosa que afecta a nuestros sentidos, en este caso al tacto, al movimiento de las manos cuando se encuentran con él.

La 1.^a regla del choque los trata como elásticos. La 2.^a y 3.^a como plásticos. Las restantes ya mezclan esa concepción del reposo como fuerza resistente. Por tanto su materia fluida se comporta a veces como blanda y a veces como elástica.

Poco más podemos extraer de esta física abstracta y metafísica que contradice su concepción de los cuerpos como pura geometría y que por tanto deberían ser infinitamente rígidos y con reacción instantánea.

El cartesiano *Huygens* acepta la dureza infinita para salvar, aún rechazando la identidad extensión-materia, los modos de la extensión, las figuras y la resistencia e impenetrabilidad de los cuerpos (3).

Malebranche supone unos cuerpos ideales en el vacío que son infinitamente duros. Pero en la realidad «los cuerpos duros ordinarios, los cuerpos duros elásticos, (la acción) no se comunica del uno al otro más que sucesivamente, a causa de la materia sutil que penetra en sus poros» (4). Como ya hemos dicho este autor siempre conservó en todas las ediciones de sus leyes del movimiento una primera parte consagrada a los cuerpos duros por sí mismos en el vacío, aunque después añade otras leyes para los cuerpos tal como realmente son, es decir, elásticos. Estaba siempre acosado por los científicos y por *Leibniz* para que cambiara esas leyes y se adaptara finalmente a la realidad abandonando los cuerpos abstractos cartesianos, en los que cierto es, no admitía propiedad de resistencia en el reposo.

Admite rebote en los cuerpos duros que chocan contra un cuerpo inamovible pues si no habría una pérdida de movimiento total contrariamente a su fidelidad a la conservación de la fuerza cartesiana (5). Y consecuente con su metafísica teocéntrica añade que todo depende de la voluntad arbitraria del Creador (6). Con lo cual

(3) Dugas. La mécanique au XVII^e siècle. Neuchâtel. Griffon 1954 pp. 501, 502.

(4) O.C. cit. p. 65.

(5) Ob. cit. p. 65.

(6) Ib.

(1) Del mundo cerrado al universo infinito. Madrid. Siglo XXI. 1979 p. 196.

(2) II, # 4.

da pie a ese «positivismo» que regula los fenómenos del universo salvando su teoría. Es el triunfo del empirismo salvando los principios metafísicos del sistema ocasionalista.

Como ya hemos indicado, Malebranche acabó aceptando la «cantidad de progreso» de Leibniz y la aplicó a sus teorías del bloque, cambiándola por la conservación del centro de masas de los cuerpos chocantes. Por eso dice «Descartes est trompé» (1).

Habla de los «cuerpos "dures à ressort" como enseña la experiencia... (y de) los cuerpos por sí mismos infinitamente duros, sobre los cuales nada puede determinar la experiencia» (2).

Malebranche es muy preciso en sus términos. Así dice que la experiencia nada puede decir sobre los cuerpos infinitamente duros, cuerpos abstractos y geométricos. Los cuerpos de la física son deformables, es decir, blandos. Y será la elasticidad la que permita definir la solidez de los cuerpos. Pero en todo caso los cuerpos rígidos serán movidos «comme ils sont poussez» (3). Se apoyará en Mariotte, que había estudiado los choques plásticos y elásticos, y esto le permitirá hablar de la duración de la deformación de los cuerpos durante los choques en la realidad (4).

Y define así los cuerpos según su solidez: Blando, el que se aplasta fácilmente; duro, si no se puede aplastar y elástico (à ressort) si por el choque se aplasta un poco y se recupera rápidamente después (5).

A Mariotte le cita dos veces (7) y es en él en quien se inspira como savant mathematicien para sus leyes fundadas en la experiencia.

Leibniz. En su «Essai de Dynamique» (1) dice: «Algunos suponen los cuerpos duros o blandos y aquellos elásticos o no y construyen a partir de ahí diferentes reglas» (8). Pero se pueden suponer todos duros y elásticos debido a

un fluido sutil y penetrante. Como este fluido estará a su vez compuesto de pequeños cuerpos sólidos, elásticos, se comprende que esta replicación de sólidos y fluidos conduce al infinito.

Aplicando la ley de la conservación de la fuerza absoluta y la ley de la continuidad no pueden concebirse sino cuerpos elásticos. Para probarlo supongamos el choque de dos bolas duras anelásticas, una de ellas en reposo. Después del choque pueden ambas permanecer quietas con lo que se viola la conservación de la fuerza absoluta; o bien rebotar el móvil o empezar a moverse ambos. En todo caso se produce una discontinuidad, una actuación per saltum.

Admite que pueda haber una absorción del choque por parte de las partículas de los cuerpos (bolas de arcilla o de madera); en ese caso la «ecuación sólida» la conservación de la fuerza viva deja de cumplirse así como la de la velocidad relativa (causa del choque). Pero la cantidad de progreso se mantiene siempre constante. Y en todo caso la pérdida de fuerza se ha traducido en el ajuste de las partículas de los cuerpos (9).

Como dijimos al principio solamente en los cuerpos elásticos se conserva la fuerza viva. Pero Leibniz por su principio de continuidad y por su concepción de la naturaleza y de la materia como un continuum admite que cualquier parte divisible de la misma es análoga y reproduce la anterior con sus mónadas corporales dotadas de puntos fuerza metafísicos. Toda la materia es, pues, elástica, tiene un principio dinámico.

Distingue una materia primera o fuerza pasiva o masa y una materia segunda que es un agregado de mónadas. En la masa distingue la antitipia o impenetrabilidad y la resistencia equivalente a la inercia de Kepler. La terminología no es uniforme en la obra de Leibniz.

La extensión y la antitipia son las características de la materia primera (10).

La materia segunda que a veces también

(1) Ob. cit. p. 73

(2) Ib. p. 75.

(3) Ib. 79.

(4) Ib. 81.

(5) Ib. 85.

(6) Ib. 113, 143.

(7) GM VI, 215-231.

(8) Ib. 228.

(9) Ib. 229-231.

(10) GP VII, 328, 444, 501, 529.

llama masa conlleva un principio de actividad por sus mónadas.

La materia en sí, moles, materia prima, no es una sustancia sino algo incompleto.

La materia segunda, massa, es una pluralidad de sustancias, como un estanque lleno de peces o un rebaño de ovejas (1).

En todo caso la masa es un vehículo propagador de energía y, por tanto, dotada de elaster.

La materia por lo mismo que infinitamente divisible, imposibilita su análisis y resulta por tanto confusa en terminología leibniziana. Esa es su delimitación frente a lo espiritual y a las sustancias corporales que tienen una mónada dominante definitoria (2).

BIBLIOGRAFIA

A. Fuentes históricas básicas

- D'ALEMBERT, J. (1717-1783): (1759) *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*. París. Gauthier, 1965. (1758) *Traité de Dynamique*. N. Y. Johnson Reprint Corp. 1968.
- DESCARTES, R. (1596-1650): *Oeuvres complètes*. (Edición Adam et Tannery) París. Vrin. 1973. (Citado ATX, 28: Tomo y pag.).
- KANT, I. (1724-1804): (1746) *Principios metafísicos de las Ciencias Naturales*. Madrid. Reus, 1921. (Traducción de los «Pensamientos sobre la verdadera evaluación de las fuerzas vivas»). (1756) *La Monadologie physique*, París. Vrin, 1970. (1758) *Nouvelle définition du mouvement et du repos*. París. Vrin, 1970. (1786) *Premières principes métaphysiques de la Science de la Nature*. París. J. Vrin, 1971.
- LEIBNIZ, G.W. (1646-1716): *Die philosophische Schriften*. Berlín. Olms 1978 Edición Gerhardt (Citado así: GP III, 25: tomo y página). *Die mathematische Schriften*. Berlín. Olms. 1975 Edición Gerhardt. (Citado así: GM VI, 217: tomo y página).
- MALEBRANCHE, N. (1638-1715): *Oeuvres*, I. París. Gallimard 1979 (1688) *Conversations sur la métaphysique et la religion*. Madrid. Reus 1921. *Oeuvres complètes*. Tomo XVIII-1. París. Vrin 1960.

B. Obras o artículos relacionados con el tema de este trabajo

- BELAVAL, Y. (1960): *Leibniz critique de Descartes*. París. Gallimard, 1960.
- BRUNSCHVIG, L. (1869-1943): (1929) *Las etapas de la filosofía matemática*. Buenos Aires. Lautaro, 1945.
- COSTABEL, P.: *Leibniz and Dynamics*. París. Hermann 1973 «Le De Viribus Vives de R. Bosovic ou de la ver-

tu les querelles de mots». *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1961, n.º 14, pág. 3-12. «Essai critique sur quelques concepts de la mécanique cartésienne» *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1967, tomo XX, n.º 80, págs. 235-252.

- DUGAS, R. (1897-1957): (1954) *La Mécanique au XVII^e siècle*. Neuchâtel. Griffon, 1954. (1950) *A History of Mechanics*. Neuchâtel. Griffon, 1955.
- DUBARLE, D.: «Sur la notion cartésienne de quantité de mouvement» en *Mélanges A. Koyré*, tomo II. París. Hermann 1964 pp 118-128.
- GUEROULT, M. (1891): (1934) *Leibniz. Dynamique et Métaphysique*. París. Aubier, 1967.
- HABKINS, Th.: «Eighteenth Century Attempts to Resolve the Vis viva Controversy». *ISIS*, 1965, vol. 56/3, n.º 185, págs. 281-297. «The influence of Malebranche on the Science of Mechanics during the eighteenth century». *Journal of the History of Ideas*, 1967, XXVIII, págs. 193-210.
- HIEBERT, E.N.: Historical roots of the principle of conservation of energy. Madison. Univ. of Wisconsin. Dpt. of History 1962.
- JAMMER, M.: (1954) *Storia del concetto di spazio*. Milano. Feltrinelli, 1979. (1957) *Storia del concetto di forza*. Milano. Feltrinelli, 1979. (1961) *Storia del concetto di massa*. Milano. Feltrinelli, 1980.
- JOUGUET, E. (1871-1943): (1908) *Lectures de Mécanique*. New York. Johnson Reprint. 1966.
- ILTIS, C.: «Leibniz and the Vis Viva Controversy». *ISIS* 1971. Vol. 62 pp. 21-35.
- KOYRE, A. (1892-1964): (1957) *Del mundo cerrado al universo infinito*. Madrid. S. XXI, 1979. (1966) *Estudios galileanos*. Madrid. S. XXI. 1980. (1973) *Estudios de historia del pensamiento científico*. Madrid. S. XXI, 1977.
- LAUDAN, L. L.: «The Vis viva Controversy, a Post-Mortem». *ISIS*. 1968. vol. 59/2, n.º 197, págs. 131-143.
- MACH, E. (1836-1916): (1912) *Desarrollo histórico-crítico de la Mecánica*. Buenos Aires. Espasa Calpe, 1949.
- MOUY, P.: (1927) *Les lois du choc des corps d'après Malebranche*. París. J. Vrin, 1927. (1934) *Les développements de la physique cartésienne*. París. J. Vrin. 1934.
- NATHAN, E.: «Notas sobre la intervención de la filosofía y la teología en el desarrollo del concepto de fuerza durante el siglo XVII». *Dianoia* 1979 pp. 87-100.
- POLONOFF, I. I.: (1973) «Force, cosmos, monads and other thesoms...» B. Verlag H. Grundman. Bonn, 1973.
- ROBINET, A.: (1955) *Leibniz et Malebranche*. París. Vrin, 1955.
- RUSSEL, B.: (1962) *Obras Completas*, II. Madrid. Aguilar, 1973.
- SCOTT, V. L.: «The significance of "Hard Bodies" in the History of Scientific Thought». *ISIS*. 1959, n.º 50, Pág. 199-210.

C. Obras que tratan más generalmente temas análogos al de este trabajo o relacionados con él.

- BUNGE, M.: (1959) *Causalidad*. B. Aires. Eudeba, 1972.
- BURTT, E. A.: (1925) *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. B. Aires, Sudamericana, 1960.
- COHEN, I. B. (1914): (1980) *The Newtonian Revolution*. Cambridge. CUP, 1980.

(1) GP III, 537.

(2) Confort Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano Madrid. Editora Nacional. 1977 p. 454.

- COPLESTON, F.: (1958) *Historia de la Filosofía*. Tomos III, IV, V. Barcelona. Ariel, 1981.
- CROMBIE, A. C.: (1959) *Historia de la Ciencia*. Madrid. Alianza, 1979.
- GALILEO, G. (1564-1642): (1610) «*Sidereus Nuncius*». «*Le message céleste*». París. Gauthier-Villars (1964). (1623) *Il Saggiatore*. Milano. Feltrinelli Editore. 1979. (1632) *Diálogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Torino. Einaudi editore, 1979. (1638) «*Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*». Madrid. Editora nacional, 1976.
- HOBBS, Th. (1588-1679): *The English Works*. London. John Vohn, 1839.
- KANT, I. (1724-1804): (1755) *Historia General de la Naturaleza y Teoría del Cielo*. Buenos Aires. Juárez, 1969. (1763) *Essai pour introduire en philosophie le concept de grandeur négative*. París. Vrin, 1972. (1781-1787) *Crítica de la Razón Pura*. Madrid. Alfaguara, 1978. Opus postumum. París. J. Vrin. 1950.
- KOYRE, A. (1892-1964): (1955) *Chute des corps et mouvement de la Terre*. París. Vrin. 1973. (1948-1965) *Etudes newtoniennes*. París Gallimard, 1968.
- KOYRE, A. et COEHN, I. B.: «Newton and the Leibniz-Clarke correspondence». *Archives Internationales d'Histoire des Sciences*, 1962, n.º 15 págs. 63-126.
- LAGRANGE, J. L. (1736-1813): (1788) *Mécanique analytique*. París. Blanchard, 1965.
- MEYERSON, E. (1859-1933): (1907) *Identidad y Realidad*. Madrid. Reus. 1929.
- MORTON BRIGGS, J.: «Philosophy and Mechanics in the XVIII Century». *University of Colorado Studies. Series in History*. n.º 3 1964 pp 38-56.
- MOULINES, C. U. «La Génesis del positivismo en su contexto científico». *Dianoia* 1975. pp. 31-49.
- NEWTON, I. (1642-1725): (1687) *Mathematical Principles of Natural Philosophy*. (Edición. A Motte, F. Cajori). University of California Press, 1934. (1704) *Optica*. Madrid. Alfaguara. 1977.
- PAINLEVE, P.: *Les axiomes de la Mécanique*. París. Gauthier Villars, 1955.
- TRUESDELL, C.: (1968) *Ensayos de historia de la Mecánica*. Madrid. Tecnos, 1975. (1960) *The rational Mechanics*. Turici. Fussli, 1960.
- WESTFALL, R. S.: (1977) *La construcción de la ciencia moderna*. Madrid. Labor, 1980.
- CASSIRER, E. (1874-1945): (1906) *El problema del conocimiento*. Tomo I y II. México. FCE, 1974. (1927) *Individuo e cosmo nella filosofia del Rinascimento*. Firenze. La nUova Italia, 1977. (1932) *La filosofia de l'illuminismo*. Firenze. La nuova Italia, 1977. (1937) *Determinismo e indeterminismo nella fisica moderna*. Firenze. La Nuova Italia, 1970.
- CESARI, P.: (1938) *Les determinismes et les êtres*. París Vrin, 1938.
- COHEN, M. R. (1880-1947): (1931) *Razón y Naturaleza*. Buenos Aires. Paidós. 1956.
- COPERNICO, N. (1473-1543): (1543) *Las Revoluciones de las Esferas Celestes*. Libro Primero. Buenos Aires. Eudeba. 1965.
- ESPINOSA, B. (1632-1677): *Oeuvres completes*. París. Gallimard, 1954. (1675) *Ética*. Madrid. E. N., 1975.
- EULER, L. (1707-1783): (1833) *Letters of Euler on different subjects in natural philosophy*. New York, Arno Press, 1975.
- HUME, D. (1711-1776): (1740) *Tratado de la naturaleza humana*. Madrid. Editora Nacional, 1977. (1751) *Investigación sobre el conocimiento humano*. Madrid, Alianza, 1980.
- LOCKE, J. (1632-1704): (1690) *Ensayo sobre el entendimiento humano*. Madrid. Editora Nacional, 1980.
- MARTINEZ MARZOA, F.: (1973) *Historia de la Filosofía*. Madrid. Istmo. 1973.
- NICOL, E.: (1965) *Los principios de la Ciencia*. México. FCE. 1965.
- PAPP, D.: (1961) *Historia de la Física*. Madrid. Espasa Calpe, 1961.
- PASCAL, B. (1623-1662): *Obras*. Madrid. Alfaguara, 1981.
- POINCARÉ, H.: *La ciencia y la hipótesis*. Madrid. Austral, 1963.
- REICHENBACH, H. (1891-1953): (1921-1932) *Moderna filosofía de la Ciencia*. Madrid. Tecnos, 1965.
- VARIOS.: Academia de Ciencias de la URSS *Academia de Ciencias de la URSS Las ideas básicas de la física*. Montivideo. Pueblos Unidos. 1962.
- WEIZSÄCKER, C.F.: (1957) *La imagen física del mundo*. Madrid. B.A.C. 1974.

D. Obras de carácter general

- ALSINA, F. y PRELAT, C. E.: (1951) *El mundo de la mecánica*. Buenos Aires. Espasa Calpe, 1951.
- BERKELEY, G. (1685-1753): (1709) *Ensayo de una nueva teoría de la visión*. Buenos Aires. Aguilar, 1973. (1710) *Tratado sobre los principios del conocimiento humano*. Buenos Aires. Losada, 1968. (1713) *Tres diálogos entre Hylas y Filonús*. B. Aires. Aguilar, 1968.
- BERNAL, J. D. (1901-1971): (1954) *La Ciencia en la Historia*. México. UNAM. 1979. (1972) *La proyección del hombre. Historia de la física clásica*. Madrid. Siglo XXI. 197.
- BRILLOUIN, L.: (1964) *La información y la incertidumbre en la Ciencia*. México. UNAM, 1969.
- BUNGE, M.: (1973) *Filosofía de la Física*. Barcelona. Ariel, 1978.

José Luis de la Vega Benayas



Doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Licenciado en Filosofía por la Universidad Complutense. Profesor adjunto de mecánica en la Universidad Politécnica de Madrid. Ha publicado en esta misma Revista un trabajo sobre *Orbitas finitas y periódicas producidas por una fuerza central* (junio de 1982) y está pendiente de aparecer un estudio físico y filosófico sobre *La polémica de las fuerzas vivas*.